

München, 1960

Untersuchungen über die Qualität  
von Sojaschroten und die Wirkung von  
Methioninergänzungen

Klaus Eppinger



Aus dem Institut für Physiologie und Ernährung der Tiere  
der Tierärztlichen Fakultät der Universität München

Vorstand: Prof. Dr. Dr. Johannes Brüggemann

UNTERSUCHUNGEN ÜBER DIE QUALITÄT VON  
SOJASCHROTEN UND DIE WIRKUNG VON  
METHIONINERGÄNZUNGEN

Inaugural-Dissertation  
zur Erlangung der veterinär-medizinischen Doktorwürde  
der Tierärztlichen Fakultät der  
Ludwig-Maximilians-Universität München

von

Klaus Eppinger  
aus Münsingen

München 1960

Gedruckt mit Genehmigung der Tierärztlichen Fakultät  
der Universität München

Dekan: Prof. Dr. K. Zipf

Referent: Prof. Dr. Dr. J. Brüggemann

Tag der Promotion: 26. II. 1960

Meinen lieben Eltern



# INHALTSVERZEICHNIS

|                                                                   | Seite |
|-------------------------------------------------------------------|-------|
| I. Einleitung                                                     | 1     |
| II. Literaturübersicht                                            | 3     |
| 1) Die Schrotgewinnung                                            | 3     |
| 2) Wachstumshehmende Faktoren im Sojaschrot                       | 4     |
| 3) Erhitzung von Sojaschrot                                       | 6     |
| 4) Überhitzung der Sojaschrote                                    | 7     |
| 5) Sojaschrotqualität und Methioninbedarf                         | 9     |
| 6) Methioninergänzungen                                           | 11    |
| 7) Energie-Protein-Methionin-Beziehung                            | 14    |
| 8) Laboratoriumsmethoden zur Bestimmung<br>der Sojaschrotqualität | 16    |
| a) Ureaseaktivität                                                | 17    |
| b) Stickstofflöslichkeit des Sojaschrotes                         | 18    |
| III. Eigene Untersuchungen, Material und Methodik                 | 21    |
| 1) Sojaextraktionsschrote                                         | 21    |
| 2) Tiermaterial                                                   | 21    |
| 3) Versuchsraum und Einrichtungen                                 | 21    |
| 4) Versuchstechnik                                                | 23    |
| 5) Rationen                                                       | 26    |
| 6) Krankheiten und Verluste                                       | 30    |
| 7) Bestimmung der Ureaseaktivität                                 | 31    |
| 8) Bestimmung der Eiweißlöslichkeit                               | 32    |
| IV. Eigene Untersuchungen, Ergebnisse                             | 34    |
| 1) Vergleichsprüfung der Sojaschrote                              | 34    |

|                                                                  | Seite |
|------------------------------------------------------------------|-------|
| 2) Urease-Aktivitätsbestimmung                                   | 36    |
| 3) Wasserdispergierbares Protein und<br>Proteinlöslichkeitsindex | 39    |
| 4) Methioninergänzung                                            | 41    |
| 5) Höhe der Methioninergänzung                                   | 45    |
| V. Diskussion                                                    | 48    |
| VI. Zusammenfassung                                              | 53    |
| VII. Literaturverzeichnis                                        | 54    |

## I. EINLEITUNG

Das bei der Ölgewinnung aus Sojabohnen nach der Benzinextraktion anfallende Schrot zählt zu den qualitativ besten Eiweißfuttermitteln für monogastrische Tiere und besitzt in dieser Futtermittelgruppe heute auch mengenmäßig die weitaus größte Bedeutung.

Die biologische Wertigkeit, die angibt, in welchem Umfang ein mit der Nahrung zugeführtes und verdautes Eiweiß im Eiweißstoffwechsel genutzt werden kann, liegt bei Sojaschroten nach sehr zahlreich durchgeführten Untersuchungen meist über dem Wert 70 und ist somit beträchtlich höher als bei nahezu allen anderen pflanzlichen Proteinen.

Ein Vergleich mit anderen Ölsaattrückständen (von Erdnuß, Baumwollsaat, Lein-  
saat, Sesam, Copra) als Quelle für die Versorgung mit essentiellen Aminosäuren in der Schweine- und Geflügelfütterung fällt nach CATRON und HAYS (1958) ebenfalls für Sojaschrot sehr günstig aus.

Gegenüber tierischen Eiweißfuttermitteln ist Sojaschrot allerdings im Methioningehalt und Lysingehalt unterlegen; ebenso ist der Calcium- und Phosphorgehalt wesentlich geringer. Diese Differenzen müssen daher bei der Fütterung, wenn tierische Eiweißfuttermittel durch Sojaschrot ersetzt werden, durch andere Komponenten und Kombinationen ausgeglichen werden.

Auch werden in dem Bestreben, alle essentiellen Aminosäuren in für das betreffende Tier ausreichendem Maß zu verabreichen, in Futterrationen meist mehrere Proteinquellen einbezogen. So können die Cerealieneiweiße den etwas niederen Methioningehalt des Sojaschrotes zum Teil kompensieren. Eine solche Ergänzungswirkung besteht z. B. zwischen Baumwollsaatschrot und Sojaschrot (WEST, 1956); ebenso auch zwischen Sojaschrot und Sesamschrot, die im Verhältnis 2 : 1 eine ausgezeichnete Proteinquelle für Küken darstellen. Dies beruht darauf, daß der Lysinmangel des Sesamschrotes, das zugleich einen ungewöhnlich hohen Methioningehalt besitzt, das Sojaschrot mit seinem höheren Lysingehalt ausgleichen kann, wobei zugleich auch sein Methionindefizit behoben wird (ALMQUIST, 1957).

Eingehende Studien über die Zusammenhänge zwischen der Eiweißqualität von Sojaschroten und der vorausgegangenen Erhitzung ergaben, daß Sojaschrote bei geeigneter Erhitzung in ihrer Qualität besonders für monogastrische Tiere noch wesentlich verbessert werden konnten. Es ist daher verständlich, daß die hier-

aus gezogenen technologischen Konsequenzen in den USA zu einem starken Anwachsen der Sojaerzeugung führten. Die Sojaschrotproduktion der USA ist in den letzten 20 Jahren etwa auf das 8-fache angestiegen (CATRON und HAYS, 1958). Im Gegensatz zu Europa dient dort das Sojaschrot heute in Rationen für Schweine, Küken und Puten vielfach als einzige Proteinquelle neben dem Cerealienprotein (CATRON und HAYS, 1958).

Demgegenüber enthalten in Europa die Futtermischungen für Geflügel und Schweine vielfach noch ziemlich hohe Anteile tierischen Eiweißes, woran unter anderem vielleicht die geringere Proteinqualität der gleichzeitig verwendeten Sojaschrote beteiligt ist, die aus dem Unterlassen der optimalen Erhitzung resultiert.

In der hier vorliegenden Arbeit sollte daher ein Qualitätsvergleich einiger beliebiger handelsüblicher Schrote deutscher Herkunft mit bekannten amerikanischen Schroten durchgeführt werden und weiterhin die Wirkung einer Zulage von DL-Methionin bei verschiedenen Schrotqualitäten am Küken geprüft werden.

## II. LITERATURÜBERSICHT

### 1) Die Schrotgewinnung

Das nach der Ölgewinnung durch Extraktion mit organischen Lösungsmitteln (meist Hexan) anfallende Sojaschrot ist schon allein durch den Vorgang des Walzens, der Extraktion selbst und vor allem der anschließenden Austreibung der Lösungsmittelrückstände einer gewissen Erhitzung ausgesetzt, die in jedem Falle zu einer Qualitätsverbesserung gegenüber dem "rohen" Sojaprotein führen dürfte.

Während die Ölgewinnung früher durch Abpressen mit Blockpressen und Schneckenpressen (hydraulisches Verfahren und Expellerverfahren) <sup>+</sup> - zum Teil nach vorherigem Kochen - erfolgte, setzte sich in den 20' er Jahren von Deutschland ausgehend die Benzinextraktion durch. Diese wird heute zumindest in Europa und USA nahezu ausschließlich angewandt.

Nach einer Vorerhitzung von ca. 10 Minuten bei 60 - 70 ° C erfolgt die Extraktion bei ca. 50 ° C . Nach der Extraktion wird das im Extraktionsgut verbliebene Benzin bei etwa 98 ° C in ca. 15 Minuten entfernt. Die dabei auftretende Erwärmung ist wesentlich geringer als bei dem früher angewandten Kochen und mechanischen Abpressen. Eine Schädigung durch Überhitzen, wie sie bei den alten Verfahren häufig auftrat, ist somit ausgeschlossen. Andererseits ist die Erhitzung meist bei weitem nicht ausreichend, um eine optimale Eiweißqualität zu gewährleisten.

Die bei der Benzinextraktion angewandten technischen Systeme arbeiten nach verschiedenen Prinzipien, wobei im wesentlichen die kontinuierlichen und die diskontinuierlichen Anlagen unterschieden werden. Bei den ersteren bewegt sich das Extraktionsgut in kontinuierlichem Strom durch die Anlage, während es bei dem diskontinuierlichen Prozeß in Einzelchargen verarbeitet wird.

Je nach der Durchlaufgeschwindigkeit und der Einhaltung von Temperatur, Feuchtigkeit etc. können sich dabei sehr unterschiedliche Qualitäten ergeben.

-----

<sup>+</sup> Eine eingehende Beschreibung von Ölgewinnungsverfahren findet sich bei FINCHER (1958), LIENER (1958) und CRAVENS und SIPOS (1958) .

Deshalb wird in zunehmendem Maße eine zusätzliche Erhitzung, das "toasten", eingeführt, wobei in einer gesonderten Anlage eine genau regulierbare und kontrollierbare Dampferhitzung erfolgt, die nach dem Entbenzinieren das Schrot erst entläßt, wenn optimale Meßgrößen für die Qualität (Proteinlöslichkeit und Ureaseaktivität, siehe unten) erreicht worden sind.

## 2) Wachstumshemmende Faktoren im Sojaschrot

Den ersten Hinweis dafür, daß Sojabohnen als Futtermittel durch Erhitzen verbessert werden konnten, gaben OSBORNE und MENDEL (1917). Eingehendere Untersuchungen von HAYWARD u. Mitarb. (1936 a) an Ratten ergaben mit erhitztem Sojaschrot Gewichtszunahmen von 50 g, während mit unerhitztem Sojaschrot lediglich eine Zunahme von 19 g erreicht werden konnte. Die Ursache dieser beträchtlichen Wachstumssteigerung, die eine Hitze einwirkung auf das Sojaschrot bewirkte, schien ein Trypsinhemmstoff (Trypsininhibitor) zu sein, der in rohem Sojaschrot von HAM u. Mitarb. (1945) gefunden wurde. Dieser Faktor konnte durch Erhitzen zerstört werden. Auf das Wachstum von Ratten und Küken übte er in angereicherter Form eine deutliche Hemmwirkung aus, woraus sich der niedere nutritive Wert von rohem Sojaschrot gegenüber erhitztem Schrot erklären ließ.

Dieser die Eiweißverdauung behindernde Fermentinhibitor wurde aus rohem Sojaschrot isoliert (KUNITZ, 1945) und bestätigte auch in kristalliner Form seine hemmende Wirkung auf das Wachstum. So zeigten BORCHERS u. Mitarb. (1948), daß ein aus rohem Sojaschrot isolierter Trypsininhibitor, wenn er Rationen, die erhitztes Sojaschrot enthielten, zugesetzt wurde, bei jungen Ratten lediglich Gewichtszunahmen von 60 g zuließ, während Kontrolltiere ohne diesen Zusatz Gewichtszunahmen von 74 g in 42 Tagen erzielten. Andererseits vermochte auch kristallines Trypsin, der Diät zugesetzt, die Wirkung des Trypsininhibitors aufzuheben (ALMQUIST u. Mitarb., 1953).

Außerdem besitzt der Trypsininhibitor in rohem Sojaschrot einen Einfluß auf das Verhalten des Pankreas. Die Anfangsaktivität des Trypsins ist nach Ingestion rohen Schrotes gering, was offensichtlich auf seiner Inaktivierung durch den Trypsininhibitor beruht, während nach einiger Zeit ein Anstieg der Trypsinausschüttung bis zur dreifachen Aktivität der normalen intestinalen Enzymkonzentration durch eine Stimulierung der Pankreassekretion erfolgt. LYMAN u. Mitarb. (1957) konnten dies in Rattenversuchen zeigen. Eine rohe Zubereitung von

Sojaantitrypsin wie auch kristalliner Trypsininhibitor aus Sojaschrot erzeugten diese Pankreasreaktion. Es könnte daher auch eine bei Küken aufgetretene deutliche Pankreashypertrophie nach Fütterung mit rohem Sojaschrot als kompensatorische Reaktion auf den Trypsininhibitor erklärt werden (CHERNICK u. Mitarb., 1948). Andererseits konnten RIESEN u. Mitarb. (1947) zeigen, daß nach Zerstörung des Trypsininhibitors durch Hitze die Freisetzung von Aminosäuren bei der enzymatischen Eiweißverdauung gefördert wird. Die tatsächlich eintretende Verdauung ist somit die Resultante aus der vermehrten (kompensatorischen) Trypsinausschüttung einerseits und der Inaktivierung desselben durch den Hemmfaktor andererseits, wobei dem zeitlichen Ablauf größte Bedeutung zukommen dürfte.

Die Wachstumsheftung rohen Sojaschrotes wird besonders am jungen, noch wachsenden Küken deutlich, während sich mit fortschreitendem Alter der negative Einfluß nicht mehr so eindeutig zeigen läßt. So konnten FISHER u. Mitarb. (1957) bis zur 14. Lebenswoche von Küken ein unterschiedliches Wachstum durch rohes und erhitztes Sojaschrot zeigen. Die Rationen mit rohem Sojaschrot, denen allerdings Methionin und Vitamin B<sub>12</sub> zugesetzt wurden, erzeugten in einer dreiwöchigen Fütterungsperiode eine Wachstumsheftung von 10 - 15 % gegenüber Rationen, die erhitztes Schrot enthielten. Bei steigenden Proteingehalten von 20 - 26 % in der Ration sank das Ausmaß der Wachstumsheftung.

In ähnlichen Versuchen fanden FISHER u. Mitarb. (1957), daß bei Gruppen von je 8 Hennen, die 30 % rohes oder erhitztes Sojaschrot im Futter erhielten, bei einem Proteingehalt von 15 % die Eiproduktion dieselbe war. Diese Versuche, wie auch ähnliche schon früher von TOMHAVE u. Mitarb. (1936) gefundene Ergebnisse, bekräftigten die Ansicht, daß Legehennen im Gegensatz zu Küken gegenüber dem Trypsininhibitor des rohen Sojaschrotes unempfindlich sind. Es ist allerdings fraglich, ob dies auch bei sehr hohen Legeleistungen zutrifft, zumal sich unterschiedliche Proteinqualität im allgemeinen mehr auf die Eigroße als auf die Legeleistung auswirkt.

Die Tatsache, daß eine intraperitoneale Injektion mit einer rohen Präparation des Trypsininhibitors den Tod von Ratten verursachte, kristallines Material dagegen unschädlich war, legte das Vorhandensein einer toxischen Substanz in rohem Sojaschrot nahe, die LIENER (1953 a) isolierte und als "Soyin" bezeichnete. Zugaben von Soyin zu Rationen mit erhitztem Sojaschrot verringerten das Wachstum, das auch durch Trypsinzugabe nicht verbessert werden konnte. Allerdings war die Hemmwirkung auf das Wachstum von Ratten nicht so groß, wie sie rohes Sojaschrot verursachte.

Wenn somit weder über die Auswirkungen des Trypsininhibitors bei älteren Tieren noch über den möglichen Einfluß des Soyins - und eventueller weiterer Faktoren - volle Klarheit besteht, so ist doch andererseits die Tatsache völlig gesichert, daß ungenügend erhitztes Sojaschrot bei wachsenden monogastrischen Tieren wie Ratten, Schweinen und Geflügel zu einer Herabsetzung von Zunahmen und Futterverwertung führt, die durch optimale Erhitzung vermieden werden kann.

### 3) Erhitzung von Sojaschrot

In der Literatur finden sich zahlreiche Berichte, die die Überlegenheit von "hitzebehandeltem" Sojaschrot für Ratten (GEBHARDT, 1958), (BORCHERS, 1958), Küken (MATTINGLY u. Mitarb., 1945; EVANS u. Mitarb., 1946; HAYWARD, 1941) und Schweine (LIENER, 1958) bestätigten.

Die lediglich mit dem Extraktions- und Entbenzinierungsprozeß verbundene Erhitzung ergibt zwar ein qualitativ besseres Sojaschrot, als es in der "rohen" Sojabohne enthalten ist, reicht aber zur Erzielung optimaler Eiweißqualität noch nicht aus. Es muß daher noch eine zusätzliche Erhitzung erfolgen, um den Trypsininhibitor, dessen Gehalt nach WESTFALL u. Mitarb. (1948) zum nutritiven Wert des Sojaschrotes umgekehrt proportional ist, weiterzuzerstören.

Für die aus verschiedenen Extraktionsverfahren stammenden Schrote fanden HAYWARD u. Mitarb. (1936 b) und WILGUS u. Mitarb. (1936) in Ratten- und Kükenversuchen verschiedene Werte für die "Protein efficiency" (= g Zunahme/g Proteinverzehr nach OSBORNE u. MENDEL, 1914). Sie betrug für Sojaexpeller 1.45, für hydraulisch gepreßtes Gut 1.15, für extrahierte Schrote 1.44, während die Werte für rohes Sojaschrot bei 0.31 und 0.51 lagen. LIENER u. Mitarb. (1949) dagegen fanden später eine "Protein efficiency" für rohes Sojaschrot von 1.4 und für erhitztes Schrot von 2.6.

Die Verbesserung der Eiweißqualität des Sojaschrotes durch eine Hitzebehandlung hängt hauptsächlich von der Höhe der Temperatur und des Druckes, der Dauer der Hitzeeinwirkung und den Feuchtigkeitsverhältnissen ab. Es gibt somit verschiedene Möglichkeiten, um optimale Qualität zu erreichen, indem die einzelnen beeinflussenden Faktoren je nach den gegebenen Möglichkeiten entsprechend variiert werden.

So berichteten BORCHERS u. Mitarb. (1947), daß die Aktivität des Trypsininhibitors von extrahierten Schroten völlig zerstört werden konnte, indem das Schrot 60 Min. lang strömendem Dampf ausgesetzt wurde oder im Autoklaven 45 Min. bei 0.35 atü, 30 Min. bei 0.7, 20 Min. bei 1.1 oder 10 Min. bei 1.41 atü erhitzt wurde. Schrote, die auf 121 ° C im Autoklaven 5 Min. lang erhitzt wurden, ergaben bei ALMQUIST u. Mitarb. (1953) den besten Futterwert (feeding value) bei Ratten. Dieser nahm mit längerer Erhitzung ab.

Bei Rationen mit 20 % Rohprotein mit entbenziniertem Sojaschrot als einziger Proteinquelle, welches 45, 90 und 180 Min. lang bei 100 ° C unter atmosphärischem Druck erhitzt wurde, erzielte GRIMMINGER u. Mitarb. (1954) mit dem Schrot, das 90 Min. lang erhitzt wurde, bei Küken den stärksten Wachstumseffekt.

Während die aus der Ölindustrie aus dem hydraulischen- oder Expellerverfahren stammenden Schrote oft übererhitzt wurden und somit schon eine Eiweißnaturierung erfuhren, zieht man heute das Extraktionsverfahren vor, das mit geringeren Temperaturen arbeitet. Es ist daher gewöhnlich eine zusätzliche Erhitzung (auch "Toastung" genannt) in einem "Toaster" notwendig, die mit 20 bis 30 Min. bei 120 - 125 ° C allgemein als äußerst günstig angegeben wird, um Schrote von höchster Qualität zu erhalten (LIENER, 1958). Die "Kruise"-Methode zum Beispiel, die CRAVENS und SIPOS (1958) anführen, vereint das Extrahieren und Toasten in einem einzigen Vorgang und erzielt so auf kürzerem Wege eine hohe Eiweißqualität der Schrote.

Auf die weiteren technologischen und wirtschaftlichen Fragen bei der Herstellung eines qualitativ hochwertigen Sojaschrotes kann im Rahmen dieser Arbeit nicht eingegangen werden.

#### 4) Überhitzung der Sojaschrote

Ist die Hitzeeinwirkung die im Hinblick auf den gesamten Erhitzungsprozeß, bei der Extraktion und bei der "Toastung" (zusätzliche Nacherhitzung) überwacht werden muß - zu stark, so nimmt der nutritive Wert des Sojaschrotes wie-der ab.

Diese Abhängigkeit des nutritiven Wertes des Sojaschrotes von unter verschiedenen Bedingungen einwirkenden Hitze zeigen KOLSE u. Mitarb. (1948) in einem Schaubild. Hieraus läßt sich besonders das rasche Absinken der Eiweißqualität

bei höherem Druck erkennen.

Auch Arbeiten über die Verdaulichkeit in vivo und in vitro (EVANS u. Mitarb., 1947; EVANS u. Mitarb., 1948) stimmen darin überein, daß die Verdaulichkeit des Sojaweißes nach einer Überhitzung stark abnimmt. Dieses starke Abnehmen des nutritiven Wertes muß auf eine Eiweißdenaturierung zurückgeführt werden, wie sie von vielen Proteinen nach starker Erhitzung bekannt ist.

Diese Eiweißdenaturierung (SMITH, 1951; PENCE, 1953) geht langsamer vor sich, wenn der Feuchtigkeitsgehalt des Schrotes niedrig und die Temperatur mäßig ist; dagegen tritt sie bei 80 ° C und darüber bei sonst normalem oder höherem Feuchtigkeitsgehalt rascher ein. Ein starker Feuchtigkeitsgehalt während der Erhitzung bewirkt allerdings die Zerstörung des Trypsininhibitors in kürzerer Zeit mit geringerer Temperatur, d. h. bevor Vitamine und essentielle Aminosäuren in wesentlichem Ausmaß zerstört oder unverfügbar werden. Ähnlich berichten auch CLANDININ u. Mitarb. (1947), daß die schädliche Wirkung einer Überhitzung von Sojaschrot durch hohen Feuchtigkeitsgehalt stark reduziert wurde, da hierdurch die Erzielung optimaler Qualität in kürzerer Zeit möglich ist. Aus diesem Grunde wird heute meist eine Dampferhitzung bevorzugt, da hierdurch unter besserer Schonung des Sojaweißes der Trypsininhibitor zerstört wird.

Bei einer Überhitzung von Sojaschrot bei 130 ° C für 60 Min. sank der nutritive Wert (McGINNIS und EVANS, 1947) und konnte auch nicht durch Lysin, Methionin und Cystin, einzeln oder in Kombinationen, verbessert werden, so daß daraus geschlossen wurde, daß auch noch andere Aminosäuren angegriffen oder unresorbierbar wurden. Es liegen Anhaltspunkte vor, daß die schwefelhaltigen Aminosäuren Methionin und Cystin hierbei Ketten bilden, die gegen enzymatische Hydrolyse resistent sind (EVANS und McGINNIS, 1948; EVANS und BUTTS, 1949). Ein Methioninmangel wird umso gravierender durch die Tatsache, daß ungefähr ein Drittel des Cystins, das normalerweise Methionin bis zu einem gewissen Grade zu ersetzen vermag, durch Überhitzung zerstört wird (EVANS u. Mitarb., 1951).

Bei der Überhitzung des Sojaweißes werden Aminosäuren offenbar auch durch ihre Reaktion mit Kohlehydraten (Maillard-Reaktion) unverfügbar; insbesondere Lysin, Arginin und Tryptophan (RIESEN u. Mitarb., 1947; EVANS und McGINNIS, 1948; PATTEN u. Mitarb., 1948). Auf diese Weise gebunden, können die Aminosäuren durch chemische Hydrolyse nicht mehr völlig verfügbar werden, auch nicht im Verdauungstrakt. Lysin wird dabei am schnellsten

zerstört; aber da Sojaschrot einen relativ hohen Lysingehalt besitzt, wird sich eine Schädigung im biologischen Versuch erst auswirken, wenn etwa die Hälfte des Lysins zerstört oder unverfügbar ist (EVANS und BUTTS, 1948).

## 5) Sojaschrotqualität und Methioninbedarf

Um den Wert eines Eiweißfuttermittels zu bestimmen, bleibt nach wie vor der direkte Fütterungsversuch am entsprechenden Tier neben anderen üblichen von RÖSSNER (1955) ausführlich diskutierten Verfahren der sicherste.

Die Prüfung der Proteinqualität von Sojaschrot in Versuchen mit Kühen führen ALMQUIST u. Mitarb. (1942) im Gegensatz zu früheren Experimenten, in denen das Schrot lediglich als zusätzliche Proteinquelle in der Ration diente, mit Sojaschrot als einziger Proteinquelle durch. Sie fanden, daß richtig erhitztes Sojaprotein einen geringgradigen Methioninmangel aufweist, dagegen alle anderen für Kühen essentiellen Aminosäuren ausreichend enthält. Als erste limitierende Aminosäure im Sojaschrot wurde so das Methionin ermittelt. Es ist daher neben der optimalen Erhitzung des Schrotes auch insbesondere das Methioninangebot in Futterrationen gegenüber dem jeweiligen Bedarf der Tierart zu beachten.

Eine Gegenüberstellung des Bedarfes an essentiellen Aminosäuren für Kühen mit den Aminosäuregehalten von Sojaschrot soll die jeweiligen Bedarfs- bzw. Gehaltsszahlen der Aminosäuren zeigen (CATRON und HAYS, 1958 und LYMAN, 1958):

|              | Bedarf in %<br>der Ration<br>(bei 20 %<br>Rohprotein) | Bedarf in %<br>des Rohproteins<br>(bei 20 % Roh-<br>protein) in<br>der Ration | Sojaschrot in<br>% seines Roh-<br>proteins |
|--------------|-------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|
| Arginin      | 1,2                                                   | 6,0                                                                           | 7,46                                       |
| Histidin     | 0,16                                                  | 0,75                                                                          | 2,49                                       |
| Isoleucin    | 0,6                                                   | 3,0                                                                           | 5,50                                       |
| Leucin       | 1,4                                                   | 7,0                                                                           | 7,69                                       |
| Lysin        | 0,9                                                   | 4,5                                                                           | 6,17                                       |
| Methionin    | 0,44 +                                                | 2,25 +                                                                        | 1,39                                       |
| Phenylalanin | 0,90                                                  | 4,5                                                                           | 4,86                                       |
| Threonin     | 0,60                                                  | 2,25                                                                          | 4,03                                       |
| Tryptophan   | 0,20                                                  | 1,0                                                                           | 1,69                                       |
| Valin        | 0,80                                                  | 4,0                                                                           | 5,4                                        |

-----  
+ Zusatz bei Cystinmangel nötig

Dem Bedarf an nichtessentiellen Aminosäuren kann in der Praxis insofern zuweilen Bedeutung zukommen, als diese bei zu geringem Angebot vom Tier aus anderen, zum Teil essentiellen Aminosäuren synthetisiert werden. Im Falle der schwefelhaltigen Aminosäuren wird zur Synthese der nichtessentiellen Aminosäure Cystin Methionin herangezogen. Es muß daher stets der gesamte Thioaminosäuregehalt in der Ration beachtet werden (ALMQUIST, 1957).

So fanden GRAU und KAMEI (1950) bei 20 % Rohprotein in der Ration bei Küken einen Methionin- und Cystinbedarf von etwa 0,5 und 0,3 % bzw. 0,8 % für Methionin allein. Ebenso fanden MACHLIN und GORDON (1957) einen Gesamtschwefelaminosäurenbedarf von 0,8 % in der Ration. Nach GRIMMINGER u. Mitarb. (1954) wird bei genügendem Vorhandensein von Cystin (20 % Rohprotein in der Ration) bis zur 4. Lebenswoche der Küken der Methioninbedarf von 0,33 % nicht überschritten. Neuere Untersuchungen von OUSTERHOUT u. Mitarb. (1959) ergaben, daß der Methioninbedarf bei 0,3 % bzw. für Me-

thionin und Cystin bei 0,8 % in der Ration liegen dürfte.

Für den Lysinbedarf von schnellwachsenden Küken bis zur 4. Lebenswoche fanden EDWARDS u. Mitarb. (1956) und SCHWARTZ u. Mitarb. (1958) bei ca. 20 % Rohprotein Werte von 1,1 %. Nach diesem Alter soll der Lysingehalt der Ration abnehmen, da ein hoher Überschuß von Lysin gegenüber Methionin das Wachstum und die Futterverwertung beeinträchtigt, was auch für hohe Methioningehalte (gegenüber anderen Aminosäuren) von HSU u. Mitarb. (1952) festgestellt werden konnte. Lysin schien neben der ersten limitierenden Aminosäure Methionin in Fütterungsversuchen von WAIBEL (1956) die zweite limitierende Aminosäure im Sojaschrot zu sein, während SNETSINGER (1958) mit Rationen, die Sojaschrot als Hauptproteinquelle enthielt, eine zweite limitierende Aminosäure im Sojaschrot nicht ermitteln konnte.

## 6) Methioninergänzungen

In zahlreichen Arbeiten wird von einem Methioninzusatz zu Sojaschrot enthaltende Rationen berichtet, wodurch zum Teil sehr bedeutende Verbesserungen der Leistung, d. h. des Wachstums und der Futterausnutzung, erzielt werden konnten. Dabei ist von Wichtigkeit, ob das Sojaschrot roh oder richtig erhitzt wurde; auch spielt der Protein- und Energiegehalt in der Auswirkung einer Methioninergänzung eine Rolle.

Da der nutritive Wert eines Eiweißfuttermittels weitestgehend durch seinen Gehalt an essentiellen Aminosäuren und deren Verfügbarkeit bestimmt ist, wurde versucht, ob nicht durch verschiedene Aminosäureergänzungen zu rohem Sojaschrot dieselbe Qualitätsverbesserung wie durch Erhitzen erreicht werden kann.

So erzielte BORCHERS (1958) in Rattenversuchen mit Rationen von 40 % rohem Sojaschrot, die mit 0,6 % DL-Methionin ergänzt waren, etwa dieselben Wachstumszunahmen wie mit erhitztem Schrot. Auch ein Antibiotikazusatz hatte die gleiche methioninähnliche Wirkung, was auch BRAHAM u. Mitarb. (1959) berichten. ALMQUIST u. Mitarb. (1942) dagegen fanden mit Küken bei einer Methioninergänzung zu rohem Sojaschrot, das ohne Zusatz eine Wachstumsrate (tägliche Zunahme in % des mittleren Körpergewichts während der Versuchsperiode) von 2,8 % erbrachte, eine Wachstumsrate von 6,9 %. Damit wurde der entsprechende Wert von 7,9 % für erhitztes Schrot enthaltende Rationen nicht erreicht.

Eine Verbesserung des Wachstums bei Ratten und Küken erzielte man auch, wenn die schwefelhaltigen Aminosäuren solchen Rationen zugesetzt wurden, die optimal erhitztes Schrot enthielten (HAYWARD u. Mitarb., 1941; BORCHERS, 1958). Allerdings wurde durch einen Methionin- oder Cystinzusatz zu erhitztem Sojaschrot eine viel geringere Leistungsverbesserung erreicht, als bei rohem Schrot.

Es zeigt sich aber, daß bei Fütterung rohen Sojaschrotes der Ergänzungsbedarf für Methionin (und evtl. Cystin) wesentlich höher ist als bei erhitztem Schrot. Da aber der Methioningehalt nach einer für maximalen nutritiven Wert notwendigen Erhitzung derselbe bleibt, wie KRUIKEN und LYMAN (1949) und MELNICK u. Mitarb. (1946) zeigten, ist eine Erklärung für den unterschiedlichen Ergänzungsbedarf darin zu suchen, daß die Verfügbarkeit gewisser Aminosäuren in rohem Sojaschrot erheblich geringer ist. So gibt SCHWEIGERT (1954) für erhitztes Sojaschrot 71 %, für rohes Schrot dagegen lediglich 44 % an für das Wachstum verfügbarem Methionin an. Auch ist bei unerhitztem Schrot die Verdaulichkeit des Proteins und die Resorption von Methionin bei Küken deutlich geringer, wie dies EVANS u. Mitarb. (1947) und BOUTHILET u. Mitarb. (1950) zeigen konnten.

Es mag zwar die Wirkung des Trypsininhibitors an der ersten limitierenden Aminosäure Methionin besonders deutlich werden, doch scheint der niedere nutritive Wert rohen Sojaschrotes nicht unbedingt nur auf einer unvollkommenen Verdauung des Proteins zu beruhen. So verweist LIENER (1958) auf die Möglichkeit, daß die Resorption des Methionins aus rohem Schrot eventuell in einer Form (bzw. an einem Ort) erfolge, die seine normale Nutzung im Eiweißstoffwechsel beeinträchtigt.

Eine Methioninergänzung üblicher Kükenrationen ergab auch mit sehr geringen Mengen zum Teil beträchtliche Leistungsverbesserungen. FANGAUF u. Mitarb. (1957) u. (1958) konnten durch Methioninzusatz (0,05 %) zu einer Mais-Sojaration um 55 % (!) höhere Zunahmen erzielen. REED u. Mitarb. (1954) erzielten selbst mit Methioninzugaben von nur 0,05 und 0,0125 % der Ration, die praktisch die gleiche Wirkung hatten, eine Wachstumszunahme und eine Verbesserung der Futterverwertung. Dabei konnten sie in Gegenwart von Fischmehl oder Fischsolubles besonders gute Werte feststellen, so daß von einer additiven Wirkung des Methionins zu den unbekannten Wachstumsfaktoren der Fischprodukte gesprochen wurde. Weiter berichten auch MATTERSON u. Mitarb. (1953), daß eine Methioninergänzung zu praktischen Starter- und Broiler-rationen die Futterverwertung verbesserte, während ein besseres Wachstum nicht einheitlich festgestellt werden konnte.

Versuche, die BIRD (1952) mit DL-Methionin und 2 Methioninanalogen über deren Ausnutzung bei Küken durchführte, zeigten, daß die beiden "Methioninanaloge" ungefähr dem DL-Methioninwirkungsäquivalent waren und das Wachstum und die Futterverwertung in methioninarmer Rationen verbesserten. In Rationen mit niederen Proteingehalten von 11 - 14 % (SULLIVAN u. Mitarb., 1956 u. 1957) war das "Hydroxy-Analog" des Methionins (MHA) gegenüber dem DL-Methionin nicht so wirkungsvoll. MACHLIN u. Mitarb. (1957 u. 1959) dagegen konnten bei Rationen von niedrigerem und extrem hohem (35 %) Proteingehalt keinen offensichtlichen Unterschied in ihrer das Wachstum verbessernden Wirkung feststellen. Auch GORDON u. Mitarb. (1954) haben auf die Gleichwertigkeit von MHA und von DL-Methionin, den Schwefelaminosäuremangel bei Küken zu beheben, hingewiesen. Dafür sprechen auch die Ergebnisse von JIMENEZ u. Mitarb. (1957), die durch einen Zusatz von 0,1 % DL-Methionin oder MHA zusammen mit 0,3 % Glycocol eine Mais-Soja-Ration verbessern konnten.

Aus den zitierten Arbeiten läßt sich erkennen, daß durch die Verwendung von MHA ebenso wie mit DL-Methionin methioninarmer Rationen aufgewertet werden können.

Es finden sich jedoch auch einige Arbeiten, in denen keine deutliche Methioninwirkung erzielt werden konnte, wie z.B. die von TEEKELL u. Mitarb. (1956) mit einer praktischen Broilerration und Zusätzen von 0,05 und 0,1 % in der Ration. Auch McGINNIS u. Mitarb. (1947) konnten an New-Hampshireküken mit einer Ration von 22,4 % Rohprotein, die Sojaschrot enthielt, das bei 100° C 30 Min. gedämpft worden war, keine Wachstumsverbesserung durch Methionin, Cystin oder beide Aminosäuren zusammen erreichen. Ebenso war eine DL-Methioninergänzung zu einer Mais-Soja-Ration, die ausreichend Protein enthielt, nach STEPHENSON (1954) bei Küken ohne Wirkung. Erst als der Proteingehalt verringert oder Sojaschrot in Kombination mit Baumwollsaatmehl verwendet wurde, verbesserten DL-Methionin- und DL-Lysinzusätze das Wachstum.

Diese letzteren Arbeiten, die keine deutliche Methioninwirkung zeigen konnten, bestätigen einerseits die Abhängigkeit der Methioninwirkung von der Erlüftung der Sojaschrote, weisen aber andererseits auch auf einen Zusammenhang zwischen Proteingehalt und Methioninwirkung hin.

## 7) Energie-Protein-Methionin-Beziehung

Wird der Methioninbedarf - wie dies üblich ist - auf die Futtermenge bezogen, so ist seine Höhe vor allem vom Gehalt der Ration an Protein und an verfügbarer Energie abhängig.

So fanden GRAU u. Mitarb. (1950), daß mit ansteigendem Rohproteingehalt von Kükenrationen auch der Lysin- und Methioninbedarf leicht zunimmt, was auch für andere Aminosäuren zutreffen dürfte, wie ALMQUIST (1950) dies z. B. für Arginin gezeigt hat. Allerdings ergaben Methioninergänzungen bei hohem Proteingehalt (30 %) zu einer Glucose-Sojарation keine Leistungsverbesserungen mehr, lediglich darunter liegende Proteingehalte hatten eine markante Methioninwirkung (SNETSINGER u. Mitarb., 1958) zur Folge.

ROSENBERG u. Mitarb. (1956) konnten sogar eine direkt proportionale Zunahme des Methioninbedarfes für Küken bei ansteigenden Proteingehalten von 20 - 26 % (bei 2200 Kcal/kg prod. Energie in der Ration) feststellen. Dieselbe Proteinänderung bei nur 1980 Kcal/kg Diät ergab einen bedeutend geringeren Anstieg des Methioninbedarfes. Ähnliche Ergebnisse hatten zuvor TWINNING u. Mitarb. (1955) mit isokalorischen Rationen gefunden, wobei ebenfalls der Methioninbedarf für beste Zunahme und Futterverwertung mit zunehmendem Proteingehalt von 9.8 - 23.4 % in der Ration stieg. Wurde dabei der Methioninbedarf in % des Rohproteins ausgedrückt, so nahm er mit steigendem Rohproteingehalt leicht ab, was auch MACHLIN u. Mitarb. (1957) feststellen konnten.

Auch SNETSINGER u. Mitarb. (1957) drückten den Thioaminosäurebedarf als % des Rohproteins aus, was offensichtlich die Protein-Methionin-Beziehung klarer zeigte. Sie fanden so, wie auch TWINNING u. Mitarb. (1955), daß eine umgekehrte Beziehung zwischen Rohproteingehalt und dem Aminosäurebedarf (in % des Rohproteins) bestand, wobei der Proteingehalt einer Glucose-Sojарation von 15 - 35 % und der Methioningehalt (in % des Rohproteins) von 2.5 - 4 % variiert wurde.

Es bestand aber auch eine gewisse Abhängigkeit des Methioninbedarfes von dem Gehalt an produktiver Energie der Ration. Nach BALDINI und ROSENBERG (1955) ist die für bestes Wachstum notwendige Methioninmenge in der Ration um so höher, je energiereicher das Futter ist. Auch läßt sich dies bei einem anderen Versuch von ROSENBERG und BALDINI (1955) erkennen, in dem ein Zusatz von 0.05 % DL-Methionin die an sich schon beträchtliche Leistungsverbesserung, die mit Zusätzen von 3 - 6 % Fett als Kaloriequelle erzielt wurden, noch ver-

bessert werden konnten.

Eine weitere Beziehung besteht zwischen den Gehalten an Protein und an produktiver Energie einer Ration. SUNDE (1956) erhielt bei hohen Proteingehalten und niederem Energiegehalt herabgesetztes Wachstum und ungünstige Futterausnutzung. Wurde der Energiegehalt - unter Beibehaltung der hohen Proteingehalte - angehoben, so verbesserten sich die 4 und 8-Wochengewichte.

Aus den bisher zitierten Arbeiten ist eine gewisse Abhängigkeit von jeweils zweier drei veränderlichen Größen Methioninbedarf, Energiegehalt und Proteingehalt zu erkennen. Es besteht daher die Schwierigkeit, den Aminosäurenbedarf sowohl mit dem Energie-, als auch dem Proteingehalt des Futters in Beziehung zu bringen, um durch eine richtige Relation die beste Leistung zu erreichen.

GORDON u. Mitarb. (1956) stellten nun Versuche an, um den Methioninbedarf als Funktion des Energiegehaltes, als Funktion des Proteingehaltes oder als Funktion des Energie-Proteinverhältnisses (E/P) auszudrücken. Dabei fanden sie die beste Beziehung zwischen Wachstumsleistung und errechnetem Methioninbedarf, wenn dieser als Funktion des E/P-Verhältnisses betrachtet wurde. GORDON u. Mitarb. (1958) konnten auch nachweisen, daß bei sich änderndem Proteingehalt innerhalb weiter Grenzen der Aminosäurenbedarf als % des Rohproteins konstant ist, sofern das E/P-Verhältnis der Ration relativ konstant bleibt.

Wie COMBS (1956) angibt, ist ein Methioningehalt von 2.15 % des Rohproteins für praktische Broilerrationen bei einem E/P-Verhältnis von 92 und 108 (Kcal prod. Energie im kg Futter/% Protein) als ausreichend zu betrachten. Wird dieses E/P-Verhältnis vergrößert, so nimmt auch der Methioninbedarf nach MID-DENDORF u. Mitarb. (1957) zu.

Es dürfte schwierig sein, die in einem Versuch gefundenen Bedarfszahlen, die ja jeweils nur für die betreffenden Versuchsbedingungen volle Gültigkeit haben, auf andere Eiweißkombinationen zu übertragen, zumal die Verfügbarkeit bei verschiedenen Proteinen, wie z.B. gerade beim Sojaschrot, erheblich differieren kann. Trotzdem scheint aber innerhalb einer Ration unter sonst gleichen Bedingungen das Verhältnis der produktiven Energie zum Proteingehalt den Aminosäurenbedarf - wie GORDON u. Mitarb. (1956) dies zeigten - zu fixieren.

## 8) Laboratoriumsmethoden zur Bestimmung der Soja-schrotqualität

Um die Qualität eines Sojaschrotes beurteilen zu können, wurden verschiedene Methoden entwickelt. Am naheliegendsten ist der Fütterungsversuch, wobei das zu testende Schrot am besten der betreffenden Tierart verabreicht wird. Doch ist es wegen des hohen Aufwandes, den Tierversuche erfordern, oft wünschenswert, analytische Methoden zur Hand zu haben, die schnell eine hinreichende Aussage über den Wert eines Sojaschrotes erlauben.

In der Literatur finden sich mehrere Arbeiten über chemische Methoden zur mehr oder weniger exakten Ermittlung der Schrotqualität. Da letztlich die Sojaqualität von dem Grad der nach der Extraktion erfolgten Erhitzung abhängt, werden gewisse Stoffe des Sojaschrotes, die mit zunehmender Erhitzung allmählich abnehmen (bzw. vermehrt auftreten), auf analytischem Wege quantitativ erfaßt und können so nun eine ungefähre Aussage über Qualität eines Sojaschrotes machen.

HSU u. Mitarb. (1949) berichten, daß übermäßige feuchte Hitze von Soja-schrot ein Sinken des nutritiven Wertes verursacht, das eng mit der Bildung fluoreszierender und braunfarbener Substanzen im Schrot verknüpft ist. Die hierauf beruhende Fluoreszenz-Methode ist ein photometrischer Vergleich zwischen Phosphatpuffer-Extrakten von Sojaschrotproben und einer Standardlösung von Chininsulfat.

Bei extrahierten Sojaschroten zeigte sich nach VALLOUN u. Mitarb. (1953) keine deutliche Zunahme der Fluoreszenz, wenn die Schrote gerade genügend zur Erzielung höchster Qualität erhitzt wurden. Wurden die Schrote noch weiter erhitzt, über den Punkt ihres höchsten nutritiven Wertes hinaus, so nahm die Fluoreszenzwirkung deutlich zu. Es ist demzufolge die Bestimmung der Fluoreszenz ein hinreichendes Maß für Überhitzung von extrahierten Schroten. Sojaexpeller zeigen eine hohe Fluoreszenz ohne Rücksicht darauf, ob Überhitzung stattgefunden hat oder nicht. Diese Methode ist daher für Expeller nicht geeignet.

LIENER u. Mitarb. (1953 b) beschreiben eine Methode zur Bestimmung der Hämagglutinations-Aktivität von Sojaschrotexttrakten. Gleichlaufend mit dem Absinken der Hämagglutinations-Aktivität vermindert sich auch der nutritive Wert des Sojaproteins, der von der entsprechenden Erhitzung abhängt. Unbehandelte und mit Papain behandelte rote Blutkörperchen von Kaninchen erlauben in Kombination je nach Reaktion eine Aussage darüber, ob die Schrote unter-

erhitzt, optimal erhitzt oder übererhitzt sind. Diese Methode hat allerdings in der Praxis keine Anwendung gefunden.

Eine weitere Methode, mit der die Änderung der titrierbaren Aminogruppen nach Erhitzung von Sojaschrot durch Formaldehyd-Titration bestimmt wird, führen ALMQUIST u. Mitarb. (1953) an. Diese Methode eignet sich für übererhitzte Schrote.

Die verbreitesten Methoden zur Feststellung einer ausreichenden Erhitzung oder Überhitzung sind Tests, die entweder die "Ureaseaktivität" oder eine Änderung des Proteins bestimmen, die bei steigender Erhitzung sich durch das Abnehmen wasserlöslicher Stickstoffverbindungen äußert.

#### a) Ureaseaktivität

Rohes Sojaschrot enthält reichlich Urease, ein Enzym, das Harnstoff in Ammoniak und Kohlendioxyd spaltet und bei zunehmender Erhitzung allmählich zerstört wird. CASKEY und KNAPP (1944) berichten, daß die Hitzebehandlung, die zur Erzielung des höchsten nutritiven Wertes von Sojaschrot nötig ist, gleichzeitig auch die Urease inaktiviert. Sie beschreiben eine einfache Methode zur Erkennung zu gering erhitzter Sojaschrote, die auf der Ureaseaktivität des Schrotes beruht. Die Methode wurde in einer eingehenden Arbeit von BIRD u. Mitarb. (1947) modifiziert und dient in der Sojaindustrie zur Bestimmung relativer Ureaseaktivität in getoasteten Schroten. Diese "modifizierte Caskey-Knapp-Methode" mißt den pH-Anstieg einer Aufschwemmung von Schrotmehl, Harnstoff und Pufferlösung unter spezifischen Bedingungen.

Bei einem pH-Anstieg von 0,02 bis 0,25 (0,30) bei 30° C wird gewöhnlich das Schrot als genügend erhitzt angenommen; ein geringeres Testergebnis gibt an, daß das Schrot möglicherweise überhitzt ist (CROSTON u. Mitarb., 1955).

Die direkte Titration von durch die Urease freigesetztem Ammoniak nach Harnstoffzugabe ergab bei BALLOUN u. Mitarb. (1953) einen genaueren Anhalt für die ausreichende Hitzebehandlung, als dies bei der Messung der pH-Änderung der Fall war. CROSTON u. Mitarb. (1955) führten den Ureasetest unter verschiedenen Bedingungen durch und verglichen die Methode der pH-Änderung (modifizierte Caskey-Knapp-Methode), die titrimetrische Methode und noch eine dritte, von ihnen vorgeschlagene, die Messung der elektrischen Leitfähigkeit. Letztere beruht darauf, daß die Urease eine Harnstofflösung von relativ niedriger elektrischer Leitfähigkeit in eine Lösung von Ammo-

nium-Salzen und damit von hoher Leitfähigkeit verwandelt.

CROSTON u. Mitarb. (1955) zeigen auch in einigen Kurven die Abhängigkeit der Ureaseaktivität von der Testmenge, der Reaktionszeit und der Temperatur. Bei Testmengen zwischen 0,1 und 0,8 g ist die U. A., ausgedrückt in ml 0,1 n NaOH, der Einwaage direkt proportional. Die Reaktionszeit zwischen 10 und 60 Min. gegenüber dem Titrationswert ist nahezu eine geradlinige Funktion der Zeit, d. h. sie ist nahezu proportional und ergibt bei 60 Min. etwa die doppelte U. A. wie bei 30 Min. Reaktionszeit. Eine zunehmende Temperatur von 30° bis 60° C bei einer Reaktionszeit von 30 Min. steigert zugleich auch die U. A., so daß sowohl bei der titrimetrischen als auch bei der pH-Änderungsmethode bei 50° C alle Versuchsschrote etwa die doppelte Aktivität haben wie bei 30° C. Es kann also bei höherer Temperatur, z. B. bei 40° C, wie SMITH u. Mitarb. (1956) die titrimetrische Methode durchführten, eine grössere Genauigkeit erzielt werden, wie dies auch durch größere Versuchsmengen oder längere Reaktionszeit erreicht werden kann.

Gegenüber der titrimetrischen Methode bei CROSTON u. Mitarb. (1955) nehmen SMITH u. Mitarb. (1956) vor der eigentlichen Reaktion noch eine 30 Min. dauernde Quellung der Probe bei 40° C vor und verwenden zusätzlich ein reduzierendes Agens, Glutathion. Sie schaffen damit optimale Bedingungen zur Bestimmung der U. A. Durch entsprechende Versuche wird bestätigt, daß beide Faktoren, Vorquellung und Reduktionsmittel, für optimale Versuchswerte notwendig sind und daß die 30 Min. -Behandlung bei 40° C die wirksamste ist.

Während für getoastetes Sojaschrot die Verwendung von Glutathion nicht für notwendig gehalten wird, empfehlen SMITH u. Mitarb. (1956) für alle Schrote mit hoher Urease-Aktivität eine Glutathion-Konzentration von 0,08 %. Da sie hauptsächlich hochaktive Schrote untersuchten, wurden lediglich 0,02 g als Testmenge eingewogen.

#### b) Stickstofflöslichkeit des Sojaschrotes

Die bei der Extraktion und Toastung auftretende Erhitzung denaturiert teilweise das Sojaeiweiß, obwohl der nutritive Wert des Schrotes steigt. Eine Überhitzung kann durch die Bestimmung der Ureaseaktivität nicht mehr erkannt werden (BALLOUN u. Mitarb., 1953), da hier die Aktivität in der Gegen der unteren Nachweisgrenze liegt oder gleich Null ist. Hier kann nun die N-Löslichkeitsbestimmung eine Aussage darüber machen, ob ein Schrot entweder

untererhitzt, optimal oder schließlich übererhitzt wurde.

Schon früher entwickelten LUND u. Mitarb. (1943) eine Methode, mit der sie das Sojaweiß in wasserlösliche Albumine, in drei anderen Lösungsmitteln lösliche Globuline, Prolamine und Gluteline und in Restproteine fraktionierten. Bei Versuchen, die EVANS u. Mitarb. (1945) mit extrahiertem Sojaschrot mit dieser Methode durchführten, wurde festgestellt, daß bei feuchter Hitzebehandlung im Autoklaven nach 15 und 30 Min. die wasserlöslichen Albumine von anfänglich 75,6 % des Gesamtproteins auf 8,8 bzw. 6,4 % sanken und dabei die Gluteline und das Restprotein anstiegen. Eine noch längere Erhitzung führte zu weiterem Ansteigen des Restproteins, wobei allerdings der Glutelingehalt wieder sank, so daß in Kükenversuchen eine Beziehung zwischen Glutelin und Schrotqualität festgestellt werden konnte.

SIMON u. Mitarb. (1950) und BALLOUN u. Mitarb. (1953) berichten auch über Beziehungen zwischen wasserlöslichem Proteingehalt, Ureaseaktivität und Eiweißqualität des Sojaschrotes. Extrahiertes Schrot, von dem ungefähr 72 % des Gesamtstickstoffes in  $H_2O$  löslich waren, wurde im Autoklaven erhitzt, wobei bis 20 Min. die wasserlöslichen Proteinwerte stark sanken. Eine weitere Erhitzung ergab nur noch eine geringe Abnahme der Löslichkeit, verringerte aber den Lysingehalt, der zum Teil das Absinken des nutritiven Wertes bei Überhitzung erklären mag (BALLOUN u. Mitarb., 1953).

BELTER u. Mitarb. (1952) haben eingehend die Wirkung des Extraktionsverfahrens auf die Proteindenaturierung des Sojaschrotes untersucht und ebenfalls die N-Löslichkeit in Wasser ( $pH = 6,6$ ). Sie fanden, daß eine Proteindenaturierung hauptsächlich während des "Toastens" verursacht wurde. Sie konnten zeigen, daß Schrote bei genügender Vorsicht unter Laborbehandlung mit einem Minimum an Denaturierung "getoastet" werden konnten, um den Trypsininhibitor zu zerstören. Die hierbei verwendete Methode zum Nachweis der N-Löslichkeit prüften SMITH u. Mitarb. (1952) in verschiedenen Abwandlungen. Bei dieser Bestimmung wurden 2,5 g feingemahlenes Schrot in 100 ml  $H_2O$  30 Min. lang geschüttelt; nach dem anschließenden Zentrifugieren wurde aus der überstehenden Flüssigkeit eine Probe zur N-Bestimmung (nach Kjeldahl) genommen. Die Ergebnisse, die SMITH u. Mitarb. (1952) fanden, zeigen deutlich den Einfluß verschiedener Schüttelmethoden, die mit steigender Intensität höhere Werte ergaben. Ebenso stiegen die N Löslichkeitswerte bei höherer Temperatur ( $50^{\circ}C$ ) und bei längeren Schüttelzeiten (statt 30 Min. 60 Min. oder länger).

Neuerdings wird eine ähnliche Methode zur Erkennung der richtigen Hitzebehand-

lung von PAULSEN u. Mitarb. (1959) vorgeschlagen, wobei 20 g Schrot in 300 ml Wasser mit einem genormten Mischer intensivst durchmischt werden, so daß schon eine kürzere Zeit, 10 Min., als ausreichend angesehen werden kann, um die wasserlöslichen N-Verbindungen des Sojaschrotes vollständig zu erfassen.

CATRON und HAYS (1958) geben für die wasserlöslichen Proteine von extrahiertem Sojaschrot folgende Werte an:

|                                 |      |      |
|---------------------------------|------|------|
| Rohes, nichtextrahiertes Schrot | 76.4 |      |
| Optimal erhitztes               | "    | 14.2 |
| Überhitztes                     | "    | 5.1  |
| Untererhitztes                  | "    | 41.6 |

Wasserlösliches Protein in % des Rohproteins

Diese Werte können natürlich nur ungefähre Mittelwerte darstellen, so daß geringe Abweichungen von diesen Werten noch entsprechend gewertet werden dürften.

Es erscheint die Methode der Bestimmung des wasserlöslichen Proteins somit besonders geeignet zu sein, ein Schrot sowohl als untererhitzt, als optimal erhitzt, als auch als überhitzt zu erkennen.

In dieser einführenden Literaturübersicht wurde die bei Sojaschroten vorwiegend von einer Hitzeeinwirkung abhängige Qualität, deren chemische Ermittlung und die Wirkung von Methioninergänzungen zu Sojarationen aufgezeigt.

In den folgenden Abschnitten sollen nun eigene Untersuchungen dargestellt werden, in denen die Qualität verschiedener Sojaschrote im Kükenversuch und mit Hilfe chemischer Methoden ermittelt wurde; weiterhin wird auch die Wirkung einer Methioninergänzung bei verschiedenen Sojaschroten in eigenen Versuchen geschildert werden.

### III. EIGENE UNTERSUCHUNGEN, MATERIAL UND METHODIK

Das Ziel dieser Untersuchungen war 1) die Qualität einiger handelsüblicher deutscher Sojaschrote im Vergleich zu amerikanischen Schroten im Tierversuch zu prüfen und 2) die im biologischen Test gefundene Sojaqualität mit der nach neueren Verfahren ermittelten Ureaseaktivität und Eiweißlöslichkeit zu vergleichen. Eine weitere Aufgabe war, im Tierversuch die Größenordnung der durch Methioninsupplementierung bei verschiedenen Schrotqualitäten zu erzielenden Leistungssteigerung zu ermitteln.

#### 1) Sojaextraktionsschrote

Von deutschen Landhandels- und Mischfutterfirmen wurden fünf Proben beliebiger deutscher Sojaschrote bezogen. Sie bekamen die Nummern 1, 2, 3, 4 und 9. Alle fünf Schrote stammten von vier verschiedenen Ölfabriken, wobei die Schrote Nr. 1 und Nr. 9 vom gleichen Hersteller waren. Die technologische Vorbehandlung der Schrote war unbekannt. Weiterhin wurden noch zwei deutsche Sojaschrote verwendet, die vom Hersteller einer zusätzlichen Hitzebehandlung unterzogen worden waren; Schrot Nr. 5 und 6. Um einen Vergleich zu diesen Schroten zu haben, standen zwei handelsübliche Sojaschrote großer amerikanischer Hersteller (Schrot Nr. 7 und 8) zur Verfügung. Alle neun Schrote wurden auf gleiche Feinheit gemahlen.

#### 2) Tiermaterial

Es wurden ausschließlich männliche "Nichols-Lohmann-Küken" (Lohmann & Co., Cuxhaven) als Versuchstiere verwendet, die wegen ihrer ausgesprochenen Schnellwüchsigkeit für Eiweißqualitätsuntersuchungen besonders geeignet erscheinen.

#### 3) Versuchsraum und Einrichtungen

Als Versuchsraum stand ein Raum zur Verfügung, der an seiner Ostseite zwei und an seiner Südseite ein Fenster hatte. Alle drei Fenster wurden mit rotem

durchsichtigem Papier bespannt, um direktes Sonnenlicht, das bestimmte Batterien bevorzugt hätte, abzuschwächen und dem Raum eine gleichmäßigere Lichtverteilung zu geben. Zusätzlich brannte zur Verlängerung der Freßzeit während der ganzen Versuchsdauer eine elektrische Glühbirne, die an der Deckenmitte angebracht war.

Temperatur und Luftfeuchtigkeit waren die einzigen beeinflussbaren raumklimatischen Größen. Zu Beginn eines jeden Versuches wurden zusätzlich zur Warmluftheizung zwei elektrische Heizkörper aufgestellt, und so die Raumtemperatur auf  $32^{\circ}\text{C}$  gehalten. Erst allmählich wurde bis zum 28. Lebenstag der Küken die Temperatur auf  $24^{\circ}\text{C}$  verringert. Die relative Luftfeuchtigkeit lag zwischen 50 und 70 %. Für eine hinreichende zugfreie Frischluftzufuhr und Entlüftung wurde gesorgt durch entsprechende Schächte nahe der Decke, die an den beiden Schmalseiten des Raumes sich gegenüberlagen.

Die Haltung der Tiere erfolgte auf Drahtgittern in drei verschiedenen Batterietypen mit herausziehbaren Kotblechen. Von insgesamt 36 Batterien fielen je dem Batterietyp 12 Batterien zu. Bei Batterietyp I, einer Konstruktion aus Drahtstäben, gelangen die Küken nur mit dem Kopf durch ein der Kopfgröße entsprechend verschiebbares Gitter an Futter und Tränke. Die Futter- und Wassergefäße wurden von außen angehängt. Bei diesem Batterietyp traten in den ersten beiden Lebenstagen Schwierigkeiten auf, da die Tiere länger dazu brauchten, das Durchschlüpfen durch ein Gitter zur Futteraufnahme zu erlernen, als dies bei Typ II und III der Fall war, wo sie direkt die angehängten Gefäße erreichen konnten.

Batterietyp II war ebenfalls eine Konstruktion aus Drahtstäben mit besonders tiefen Futter- und Wassergefäßen, wodurch ein Futterverstreuen weitestgehend verhindert werden konnte. Verstellbare Gitter sowohl in Typ II und III, die je nach Wunsch mehr oder weniger Futter freigeben, waren in den Gefäßen befestigt.

Batterietyp III, eine Konstruktion aus Blech, war nur nach zwei Seiten offen, an denen auch die niedrigen Futter- und Wasserkrippen eingehängt wurden. Dem starken Futterverstreuen bei diesem Typ wurde durch tägliches Zusammensammeln des Futters entgegnet. Später war das zwei- bis dreimalige Füttern pro Tag von kleineren, aber genügenden Mengen Futters erfolgreich. Die Batterietypen II und III standen an den beiden Längswänden des Raumes in 4 bzw. 3 Etagen übereinander; die Batterien des Types I standen getrennt mit je vier übereinander angeordneten Batterien längs der Mitte des Raumes. Die Batterien behielten im Verlauf aller drei durchgeführten Fütterungsversuche ihren Standort.

Das Futter für jede einzelne Batterie wurde in einem tonnenförmigen Gefäß ( $\emptyset$  33, h = 63 cm), das sich sehr gut bewährte, in der Nähe aufgestellt und mit Rationsnummer und der Nummer der Batterie versehen, um Verwechslungen zu vermeiden.

#### 4) Versuchstechnik

Die Tiere wurden als Eintagsküken nach einem Zufallssystem auf die einzelnen Gruppen verteilt und erhielten Futter und Wasser ad libitum. Jede Ration wurde je nach Versuch in 2 - 6 identischen Gruppenwiederholungen geprüft. Die Anzahl der Tiere pro Gruppe bzw. Batterie betrug 8 - 16, wobei jedoch innerhalb einer Wiederholung die Gruppengröße jeweils gleich gehalten wurde, ebenso wie innerhalb eines Batterietypes die Tierzahl konstant war. Jedes Tier wurde mit einer nummerierten Geflügelmarke zur Kennzeichnung versehen und alle 14 Tage gewogen. Die Wachstumszunahme ergab sich aus der Differenz der Tiergewichte einer Batterie am Wägungstag und dem Durchschnittsgewicht von 40 g (Schlupfgewicht) bzw. in Versuch I dem 14-Tagegewicht. Zur Feststellung des Futterverzehr wurde am Wägungstag das Futter aller Futtergefäße der einzelnen Batterien in die entsprechenden Futtertonnen zurückgeschüttet und dann das Bruttogewicht der Tonnen festgestellt. Die Differenz aus dem Bruttogewicht der Futtertonnen vor Beginn der Fütterung und dem Bruttogewicht der Futtertonnen nach zwei Wochen bzw. bei Versuchsende ergab den Futterverzehr. Die Wachstumszunahme und die berechnete Futterverwertungszahl (= Verzehr/Zunahme) wurden in Tabellen festgehalten, um so Aussagen über die Qualitätsunterschiede zwischen den Rationen machen zu können. Die Versuchsdauer erstreckte sich jeweils über 4 Wochen, im Versuch II und III bis zum 28. Lebenstag und in Versuch I vom 14. - 42. Lebenstag.

Verringerung der Variabilität: In Versuch I wurde ein von McKITT-RICK (1946) vorgeschlagenes Verfahren zur Verringerung der Variabilität der Individuen in etwas modifizierter Weise angewandt. Mc KITTRICK fütterte die Eintagsküken in einer Vorperiode drei Wochen lang. Danach wurden sie auf Grund ihres 3-Wochengewichtes und ihres Wachstums in der 3. Woche sortiert. Er hatte somit zwei Kriterien zum Auswählen der Tiere, das nach einer graphischen Methode erfolgte. In unserem Versuch I dauerte die Vorperiode zwei Wochen, wobei in 12 Batterien je 30 Tiere mit derselben Ration gefüttert wurden. Die vom 7. - 14. Tag erzielte Gewichtszunahme eines jeden Tieres wurde in Abhängigkeit von seinem 14-Tagegewicht in ein Schaubild eingetragen.

Da hierzu großes kariertes Papier (Din A 2) verwandt wurde, war es möglich, zu dem betreffenden

Abb. 1

Wert sofort die Geflügelnummer einzutragen, was bei der späteren Auswertung eine erhebliche Erleichterung darstellte (Abb. 1, Geflügelnummern nicht mit-eingetragen). Durch die so gefundene Punkteschar wurde eine geschätzte Mittelgerade gezogen. Beiderseits dieser Geraden schlossen zwei parallel zu ihr verlaufende Geraden alle dicht zusammenliegende Punkte ein. Diese beiden Geraden und zwei weitere senkrecht dazu verlaufende Geraden eliminieren so alle jene Tiere mit entweder geringem oder hohem Gewicht, oder mit Gewichtszunahmen, die sehr groß oder sehr klein sind, verglichen mit ihrem Gewicht. Durch weitere senkrecht zur Mittelgeraden verlaufende Geraden wird dieses Rechteck in 10 Blöcke zu je 12 Tieren aufgeteilt. Nach einem Selektionsverfahren wird aus jedem Rechteck je ein Tier ausgewählt, wodurch 12 Versuchsgruppen mit je 10 Tieren gebildet werden. Jedes Tier einer jeden Gruppe hat in all den anderen Gruppen Gefährten, die nahezu dasselbe Abso-lutgewicht und nahezu dieselbe Wachstumstendenz (Gewichtszunahme) haben. So ist das Durchschnittsgewicht und die Durchschnittszunahme fast dieselbe in allen Gruppen.

Die Variationskoeffizienten <sup>+</sup> der Gewichte innerhalb einer Gruppe vor dieser Selektionsmethode betrugen 11,2 - 16,6 %, während sie sich darnach auf 8,6 - 10,6 % verringerten.

Dieses Verfahren zur Einengung der Variation wurde zweimal angewandt; für jede sechs der ursprünglich 12 Batterien mit je 30 Tieren ein Schaubild nach demselben Einengungsprinzip. Von den hierbei eliminierten Tieren (sie sind in Abbildung 1 aus beiden Schaubildern miteingetragen) wurden noch weitere 12 Gruppen mit je 8 Tieren ausgewählt und als sogenannte "Außenseiter" be-

<sup>+</sup> Berechnet nach der Formel für

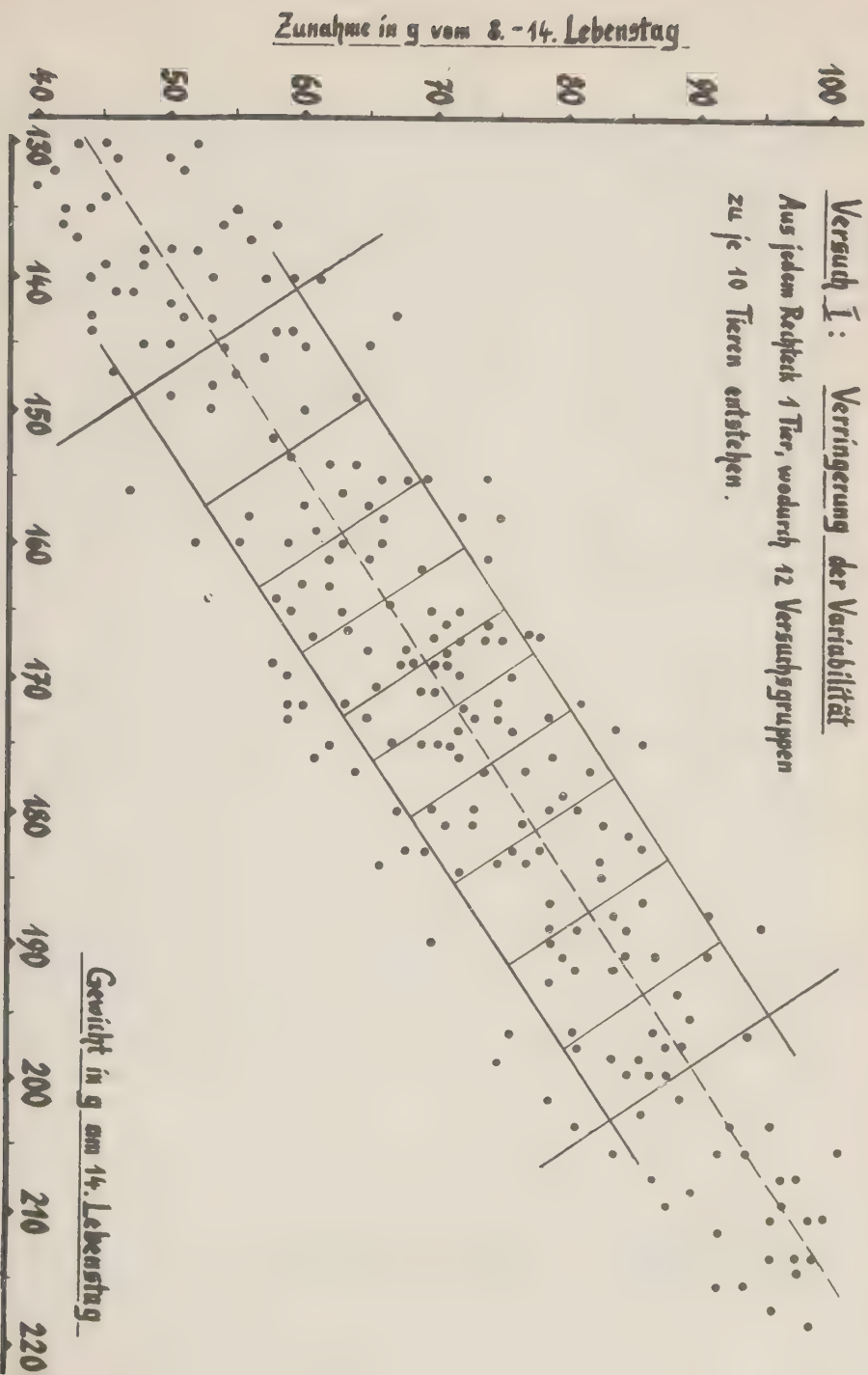
$$s^2 = \frac{\sum x^2 - \frac{(\sum x)^2}{n}}{n - 1}$$

Variationskoeffizient = s in % des Mittelwertes

# Abb. 1

Versuch I: Verringerung der Variabilität

Aus jedem Reifkeil 1 Tier, wodurch 12 Versuchsgruppen zu je 10 Tieren entstehen.



zeichnet, wobei in sechs Batterien vom Typ III die leichteren und in weiteren sechs Batterien desselben Typs die schwereren Tiere kamen. Diese beiden Tiergruppen stellten zugleich zwei Wiederholungen dar für die zu prüfenden Schrote 1, 2, 5, 6, 8 und 9. Die Schrote 3, 4, 6, 7, 8, 9 wurden in vier Wiederholungen in dem Batterietyp I und II an 240 Tieren getestet, wobei jeweils 10 Tiere auf eine Batterie entfielen. Somit hatten die Schrote 6, 8, 9 zusammen mit den Wiederholungen in Batterietyp III sechs Wiederholungen.

Für die weiteren Versuche II und III schienen die Ergebnisse - insbesondere das Ausmaß der Verringerung der Standardabweichung zwischen identischen Wiederholungen - den hohen Aufwand für das beschriebene Verfahren und den dabei nötigen Verzicht auf die ersten 14 Lebenstage als Versuchsperiode nicht zu rechtfertigen. Es wurden deshalb in Versuch II und Versuch III die Küken schon am ersten Lebenstag auf die 36 Batterien verteilt und ihnen sofort die entsprechenden Versuchsrationen gefüttert, so daß der Versuch schon am 28. Lebenstag abgebrochen werden konnte.

**Methioninergänzung:** In Versuch II wurden je zwei Sojaschrote, die in Versuch I als Schrote von "geringer" (1 und 9), "mittlerer" (3 und 5) und "guter" Qualität (8 und 7) ermittelt worden waren, mit und ohne Methioninsupplementierung geprüft. Der Methioninzusatz betrug 0.1 % DL-Methionin in der Ration. Es waren somit 12 Rationen in je drei Wiederholungen. Die Wiederholungen waren identisch mit den drei Batterietypen. Jede Wiederholung bestand aus 2 mal 14 und einmal 8 Tieren.

**Methioninbedarf:** Aufbauend auf den in Versuch II gewonnenen Ergebnissen wurde ein weiterer Versuch III durchgeführt, indem ein Schrot "geringer" (1 und 9 gemischt) und ein Schrot "mittlerer" Qualität (3 und 5 gemischt) mit steigenden DL-Methioninmengen geprüft wurde. Hierdurch sollte der Methioninergänzungsbedarf zweier Schrote, geringer und mittlerer Qualität ermittelt werden. Es entstanden so 12 Rationen mit je drei Wiederholungen (identisch mit den drei Batterietypen) zu zweimal 16 Tieren und einmal 8 Tieren, zusammen 480.

## 5) Rationen

Im Versuch I wurde zur Prüfung der Eiweißqualität der verschiedenen Sojaschrote eine Mais-Soja-Ration gewählt, die durchweg auf 20 % Rohprotein

berechnet wurde. Die Zusammensetzung der verwendeten Ration gibt Tabelle 1 an.

Tab. 1 Zusammensetzung der Versuchsrations

|                                      |             |
|--------------------------------------|-------------|
| Mais <sup>+</sup>                    | 56.5        |
| Sojaschrot <sup>+</sup>              | 30.6        |
| Rindertalg                           | 5.0         |
| Trockenmolke, entzuckert             | 2.0         |
| Fischsolubles, getrocknet            | 1.0         |
| Dicalciumphosphat                    | 2.5         |
| Calciumcarbonat                      | 1.0         |
| Kochsalz, jodiert                    | 0.4         |
| Vormischung <sup>++</sup> , auf Soja | 1.0         |
|                                      | <hr/> 100.0 |

-----  
<sup>+</sup> Abweichungen der Mais- und Sojaanteile, s. Tabelle 2

<sup>++</sup> Über die Vormischung wurden pro kg der Ration zugeführt:

5000 I.E. Vitamin A; 1000 I.E. Vitamin D<sub>3</sub>; 5 mg Vitamin E;  
 2 mg Vitamin K; 5 mcg Vitamin B<sub>12</sub>; 3 mg Vitamin B<sub>2</sub>;  
 5 mg Pantothensäure; 30 mg Nikotinsäure; 50 mg Mn;  
 60 mg Nitrofurazon (als Kokzidiostatikum).

Gehalt an produktiver Energie 2170 Kcal/kg Diät.

Methioningehalt 0.4 %, Cystingehalt 0.29 %,

Lysingehalt 1.1 % in der Ration (nach "Feedstuffs

Analysis Table" 1959)

Alle neun Schrote wurden vom 14. - 42. Lebenstag geprüft. In einer Vorperiode bis zum 14. Lebenstag erhielten alle Küken dieselbe Ration, wobei ein Sojaschrot von guter Qualität verwendet wurde. In dieser Vorperiode enthielt die Ration zusätzlich (pro kg) noch 500 mg Methionin, 48,4 mg Aureomycin und 100 mg stabilisiertes Procain-Penicillin. Diese Zusätze wurden während der Versuchsperiode wegen ihrer Wechselbeziehungen zur Eiweißausnutzung weggelassen.

Tab. 2 Rohproteingehalte und Abweichungen der in Tabelle 1 angegebenen Sojaschrot- und Maismengen in der Ration

| Sojaschrot-Nr. =                                    |       | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     |
|-----------------------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Rohprotein in %                                     |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| Soja-Schrote                                        | 45.48 | 46.11 | 44.38 | 44.55 | 40.65 | 44.68 | 52.34 | 49.97 | 44.32 |       |
| Mais                                                | 8.8   | ↔     |       |       |       |       |       |       |       | 8.8   |
| % - Anteil in der Ration                            |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| Soja                                                | 29.7  | 29.2  | 30.6  | 30.5  | 34.2  | 30.4  | 25.0  | 26.4  | 30.6  |       |
| Mais                                                | 57.4  | 57.9  | 56.5  | 56.6  | 52.9  | 56.7  | 62.1  | 60.7  | 56.5  |       |
| analytisch bestimmtes Rohprotein ( % ) in Versuch I |       | 21.14 | 21.0  | 20.39 | 21.33 | 21.01 | 21.5  | 21.33 | 20.85 | 20.19 |

Von den 20 % Rohprotein der Ration entfallen auf Mais und Soja 92,7 %, auf Trockenmolke 2,15 %, auf Fischsolubles 3,2 % und auf das Sojaschrot der Vormischung 1,95 %. Der Anteil tierischen Eiweißes beträgt somit nur etwa 1/20 des Rohproteins. Wegen der etwas unterschiedlichen Proteingehalte der neun Sojaschrote weichen die jeweils verwendeten Mais- und Sojaschrotmengen etwas von den in Tabelle 1 angegebenen Zahlen ab (Tab. 2).

Der Rohproteinanteil des Sojaschrotes beträgt somit 13,5 (  $\pm$  0,4 ) % ; das sind 67,5 (  $\pm$  2 ) % des Gesamteiweißes. Da nun über 2/3 des zu prüfenden Eiweißes dem Sojaschrot entstammt und dieses die einzige Variable darstellt, ist die Eiweißqualität der fraglichen Proteinquelle - nämlich der verschiedenen Schrote - in ihrer Ergänzungswirkung zu dem übrigen Eiweißanteil vorwiegend leistungsbestimmend.

In Versuch II wurden die Sojaschrote 1, 3, 7 und 9, 5, 8 in derselben Rationszusammensetzung gemischt wie in Versuch I (s. Tab. 1 und 2), wobei lediglich die Vormischung für jedes Schrot einmal ohne und einmal mit 0,1 % DL-Methionin (in der Ration) hergestellt wurde, wodurch pro kg Diät 1 g DL-Methionin zugesetzt wurde. Außerdem enthielt die Vormischung abweichend von Tabelle 1 kein Vitamin E. Der Rohproteingehalt der Ration blieb weiterhin 20 %.

Da nach den Ergebnissen aus Versuch II angenommen wurde, daß bei Schroten höherer Qualität der Ergänzungsbedarf von DL-Methionin geringer ist als bei Schroten von geringer Qualität, wurde ein weiterer Versuch angesetzt. In diesem Versuch III wurden nur zwei Schrote - eines von geringer und eines von mittlerer Qualität - mit steigenden DL-Methioninmengen geprüft.

Es fanden nur die Schrote 1 und 9, die in ihrer Qualität etwa gleich waren, und die Schrote 3 und 5 Verwendung. 74 kg des Sojaschrotes 1 und 24 kg des Sojaschrotes 9 wurden im Mischer intensiv durchmischt, wodurch ein Schrot mit nunmehr 45,2 % Rohprotein entstand. Von diesem Schrot mit der Qualitätsbezeichnung "gering" wurden 29,9 % und vom Mais 57,2 % in der Ration verwendet. Mit den Schroten 3 und 5 wurde ebenso verfahren; 34 kg von Schrot 3 und 72 kg von Schrot 5 wurden zusammen gemischt. Von dieser Schrotmischung der Qualität "mittel" enthielt die Ration 28,8 % und von Mais entsprechend 58,3 %. Im übrigen waren die Rationen identisch mit den in Versuch I verwendeten, jedoch fehlte der Vitamin E-Zusatz. An beiden Schrotqualitäten, "gering" und "mittel", wurde nun die Ergänzungswirkung von steigenden DL-Methionindosen von 0, 0,04, 0,08, 0,12, 0,16, 0,2 % in der Ration geprüft.

## 6) Krankheiten und Verluste

Alle Küken, die schon in Batterien eingeteilt waren und bis zum 3. Lebenstag verstarben oder große Lebensschwäche zeigten, wurden entfernt und durch in Reserve gehaltene Tiere ersetzt. Jedes Tier, das zu einem späteren Zeitpunkt ausschied, wurde nicht mehr ersetzt. Bei der Auswertung der Ergebnisse fanden diese Verluste Berücksichtigung.

Während der Vorperiode in Versuch I, wobei jeweils 30 Tiere auf eine Batterie entfielen, waren die Tiere auffallend schreckhaft und laut, und es zeigten sich mehrere Fälle von Federfressen und Kannibalismus. Vorzugsweise in der Umgebung der Kloake, des Schwanzes, des Halses und am Kopf wurde die Haut bis zum Blutaustritt bepickt, was stets ein neuer Anreiz zum Picken war. Die Unruhe und der Kannibalismus ließen nach, nachdem die Fenster mit rotem Papier bespannt wurden. Der Kannibalismus verschwand dann mit dem Dichterwerden des Federkleides völlig. In den beiden späteren Versuchen II und III konnten diese Eigenheiten nur noch in vereinzelten Fällen beobachtet werden.

Stark war auch das Auftreten von Perosis in Versuch I. Von insgesamt 336 Tieren erkrankten 18 Tiere und zeigten das typische Symptom des Abgleitens der Beugesehne von der Knochenrolle des Fersengelenkes. Ein Mangangehalt von 30 bis 50 mg/kg Futter wird zur Verhinderung der Perosis üblicherweise als ausreichend angesehen. In unseren Versuchen waren sämtlichen Rationen 50 mg Mn pro kg zugesetzt worden. Ein Tier mußte im Alter von 5 Wochen wegen seiner hochgradigen Symptome getötet werden, da es infolge starker Bewegungsbehinderung kaum mehr Futter aufnehmen konnte.

Ein Tier zeigte im Alter von ca. 3 Wochen die Symptome der Encephalomalacie. Drei weitere Fälle von Encephalomalacie traten in Versuch III gleich in den ersten Lebenstagen auf. Die Tiere wurden getötet.

Im Versuch II konnte an 11 wenige Tage alten Küken, die teils tot aufgefunden und teils getötet wurden (im Pathologisch-Anatomischen Institut) eine Nierengicht festgestellt werden, die in fünf Fällen stark ausgeprägt war.

Ein weiterer Todesfall aus unbekannter Ursache konnte als innere Verblutung erkannt werden. Die übrigen Todesfälle wurden nicht aufgeklärt.

Zusammenfassend schieden in Versuch I mit insgesamt 336 Tieren drei Tiere (0,9 %) durch Tod aus. Von den 442 Küken des Versuches II starben 10 innerhalb der ersten 8 Tagen (2,25 %). Da keine Häufung der Verluste bei bestimm-

ten Rationen auftrat, wurden sie lediglich als Verringerung der Tierzahl bei der Auswertung berücksichtigt. In Versuch III, in dem von 480 Tieren 10 (2.08 %) innerhalb der ersten 14 Tagen starben, wurde ebenso verfahren, da insbesondere der Futterverzehr während der letzten 14 Tage des Versuches etwa doppelt so hoch ist wie in den ersten 14 Tagen und Verluste in der ersten Versuchshälfte somit bezüglich der Futterverwertung nur einen verhältnismäßig geringen Fehler verursachen.

## 7) Bestimmung der Ureaseaktivität

Da unter der neun zu prüfenden Sojaschroten nach den Ergebnissen des Kükenversuchs Schrote mit hoher Ureaseaktivität zu erwarten waren, wurde zur Bestimmung der Ureaseaktivität (U. A.) die titrimetrische Methode nach SMITH u. Mitarb. (1956) verwendet. Es sollten dann zwischen den im Tierversuch und den im analytischen Bestimmungsverfahren gewonnenen Ergebnissen Vergleiche gezogen werden.

### Titrimetrische Methode

Prinzip: Durch die Anwesenheit von Urease wird der zugegebene Harnstoff in  $\text{CO}_2 + \text{NH}_3$  gespalten. Durch fortlaufende Titration während der halbstündigen Reaktionszeit hält man das pH der Urease-Harnstoff-Reaktion bei dem Reaktionsoptimum von ungefähr 6,8, um ein Abnehmen der U. A. bei steigender Alkalität zu verhindern. Dies wird durch Zutropfen von 0,1 n HCl mit einem Indikator (Bromthymolblau im grünen Farbzustand) erzielt. Durch Zugabe von HCl im Überschuß wird die Reaktion beendet. Darauf titriert man mit 0,1 n NaOH bis pH 4,7 zurück. Aus der Differenz zwischen einem mitlaufenden Blindwert und dem Versuchswert läßt sich die U. A. in 0,1 n NaOH oder in mg N/g Schrot/Min. Reaktionszeit berechnen.

Reagentien: 1) 0,1 n HCl

2) 0,1 n NaOH

3) Phosphatpuffer pH 6,8 aus 0,025 Mol  $\text{K}_2\text{HPO}_4$ ,  
0,025 Mol  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  und 0,8 g Glutathion SH/Liter.

4) Gepufferte Harnstofflösung aus 6 g Harnstoff in 100 ml  
der Pufferlösung 3) ohne Glutathion, tgl. zu bereiten

Durchführung: Die Testmenge von 20 mg (SMITH u. Mitarb., 1956) wurde auf 50 mg erhöht; bei Schroten mit geringer U. A. später auf 100 mg. 50 (100) mg des in der Kugelmühle mehlig gemahlenden Schrotes (Siebgröße etwa 0,2 mm lichte Maschenweite) werden im Becherglas (100 ml) mit 5 ml des Phosphatpuffers 3) versetzt und 30 Min. im Wasserbad (Thermostat) bei 40° C belassen. Danach werden 5 ml der gepufferten Harnstofflösung 4) zugegeben, um die Reaktion in Gang zu bringen. Das pH der Reaktion wird auf ungefähr 6,8 gehalten, indem nach Bedarf aus der Bürette 0,1 n HCl zugegeben wird, wobei als Indikator Bromthymolblau in seinem grünen Farbzustand den gewünschten Endpunkt anzeigt. Nach genau 30 Min. wird die Reaktion durch Zugabe der restlichen HCl (ad 10 ml) beendet; für hochaktive Mehle wird unter Umständen mehr benötigt. Anschließend wird in dem pH-Meter (Glaselektrode) mit 0,1 n NaOH auf pH 4,7 titriert. Als Blindwert wird eine Kontrolle mitgeführt, der gleich zu Beginn vor der Zugabe von 3) und 4) 10 ml 0,1 n HCl zur Inaktivierung der Urease zugesetzt wird. Die Differenz zwischen dem Blindwert und dem Probenwert stellt die U. A. eines Schrotes dar, die in ml verbrauchter 0,1 n HCl, dem NH<sub>3</sub>-Äquivalent bzw. hier dem N-Äquivalent in mg N/g Schrot in einer Min. bei 40° C, angegeben wird.

Berechnung : Die Urease-Aktivität gibt die Anzahl mg N an, die von 1 g Sojaschrot in Form von NH<sub>3</sub> aus einer Harnstofflösung in 1 Min. nach obigem Verfahren freigesetzt werden. Sie läßt sich nach folgender Formel schnell berechnen, wobei die Reaktionstemperatur stets angegeben werden muß:

$$\text{Urease-Aktivität ( U. A. )} = \frac{1,4 (a-b)}{G \cdot 30} \text{ mg N/g/Min. bei } 40^{\circ} \text{ C.}$$

Es bedeuten: a = verbrauchte 0,1 n NaOH in ml  
des Blindwertes

b = verbrauchte 0,1 n NaOH in ml  
des Probenwertes (Testwert)

G = Gewicht der Sojaschroteinwaage

## 8) Bestimmung der Eiweißlöslichkeit

Zur Bestimmung der Eiweißlöslichkeit sollte die erst kürzlich von PAULSEN u. Mitarb. (1959) angegebene Methode Verwendung finden. Als Mischgerät wurde hier ein Starmix verwendet, der auf höchster Stufe eingeschaltet das Schrot

gut zerkleinert und mit Wasser gut durchmischt. Es wurde während dieses Vorganges ein Ansteigen der Temperatur der Mischung auf 42 - 45° C festgestellt.

Definition: Diese Methode bestimmt das wasserdispergierbare Protein in Sojaschroten unter den Bedingungen des folgenden Verfahrens.

Prinzip: Nach der Zerkleinerung einer in ihrer Menge bekannten wässrigen Schrotaufschwemmung im Starmix und anschließendem Zentrifugieren wird der N-Gehalt der überstehenden Flüssigkeit nach Kjeldahl bestimmt. Dieser ist abhängig von der vorausgegangenen Erhitzung des Sojaschrotes.

Durchführung: Zu 20 g des Schrotes werden etwa 50 ml H<sub>2</sub>O aus genau 300 ml H<sub>2</sub>O (Maßkolben) gegeben und zu einem Brei angerührt. Dieser wird mit dem restlichen Wasser quantitativ in einen Starmix überführt, worin das Schrot genau 10 Min. bei höchster Tourenzahl zerkleinert wird. Anschließend wird 10 Min. in 50 ml Zentrifugengläsern bei etwa 2700 U/Min. zentrifugiert. 15 ml der überstehenden Flüssigkeit (entsprechend 1 g Schrot) werden abpipettiert und darin die N-Bestimmung durchgeführt.

Der gefundene Proteingehalt ergibt "% wasserdispergierbares Protein" oder - auf den Proteingehalt des Schrotes bezogen - den "Proteinlöslichkeitsindex", der ebenfalls in % angegeben wird.

Berechnung:

a) Protein in % = WDP (wasserdispergierbares Protein)

b) 
$$\frac{\% \text{ WDP} \cdot 100}{\% \text{ Rohprotein im Schrot}} = \text{PSI (Proteinlöslichkeitsindex)}$$

#### IV. EIGENE UNTERSUCHUNGEN, ERGEBNISSE

##### 1) Vergleichsprüfung der Sojaschrote

Die im biologischen Test an Küken durchgeführte Qualitätsermittlung der neun Schrote im Versuch I ergab sehr unterschiedliche Resultate. Die erzielten Gewichtszunahmen (6-Wochengewicht minus 14-Tagegewicht von ca. 172 g je nach Batterie) der Küken vom 14. bis 42. Lebenstag und die dazugehörige Futterverwertungszahlen sind in Tabelle 3 und 4 aufgeführt.

Die Durchschnittszunahmen und die Durchschnittsfutterverwertungszahlen, die mit den Schroten Nr. 6, 8 und 9 erzielt wurden, verstehen sich als Durchschnitt von 6 Wiederholungen; bei Schrot Nr. 3, 4 und 7 von vier und bei Schrot Nr. 1, 2 und 5 lediglich als Durchschnitt von zwei Wiederholungen. Die beiden Wiederholungen V und VI wurden mit den im Verfahren zur Eingung der Variation eliminierten "Außenseiter"-Küken getestet.

Die mit den amerikanischen Schroten erzielte durchschnittliche Zunahme von 672 g zeigt deutlich deren Überlegenheit gegenüber den deutschen Schroten, von denen die hitzebehandelten 636 g und die als handelsübliche Ware zusammengefaßten Schrote lediglich 562 g Zunahme im Durchschnitt erbrachten.

Im einzelnen betrachtet, wird nur von einem hitzebehandelten Schrot deutscher Herkunft (Nr. 6) etwa das Wachstum der amerikanischen Schrote erreicht. Die mit diesen Schroten erzielten Mehrzunahmen betragen gegenüber den handelsüblichen Schroten 1, 4 und 9, die die geringsten Gewichtszunahmen und Futterverwertungszahlen aufweisen, rund 30 % und mehr. Nur zwei handelsübliche Schrote (Nr. 2 und 3) zeigen etwa die gleiche Futterverwertung wie das ameriaknische Schrot Nr. 8, können aber nicht das mit den ameriaknischen Schroten erzielte Wachstum erreichen.

Von keinem der deutschen Schrote aber wurden die mit dem amerikanischen Schrot Nr. 7 erzielten Leistungen erreicht, wobei bei einem 6-Wochengewicht von 853 g die vierwöchige Zunahme 681 g - das sind 38 % mehr als das schlechteste deutsche Schrot Nr. 1, erreichte - und die Futterverwertung 2,12 betrug.

Tab. 3 Durchschnittliche Gewichtszunahmen in Versuch I  
Jedes Schrot in 2 - 6 Wiederholungen geprüft  
(Gewichtszunahme der Küken vom 14. - 42. Tag)

| Sojaschrot Nr.            | Deutsche Schrote    |     |     |     |     | hitze-    |     | Amerika-       |     |
|---------------------------|---------------------|-----|-----|-----|-----|-----------|-----|----------------|-----|
|                           | handelsübliche Ware |     |     |     |     | behandelt |     | nische Schrote |     |
| Wiederholung              | 1                   | 2   | 3   | 4   | 9   | 5         | 6   | 7              | 8   |
| I                         | -                   | -   | 666 | 516 | 505 | -         | 610 | 659            | 595 |
| II                        | -                   | -   | 635 | 501 | 494 | -         | 673 | 604            | 661 |
| III                       | -                   | -   | 670 | 609 | 538 | -         | 645 | 737            | 673 |
| IV                        | -                   | -   | 581 | 505 | 532 | -         | 704 | 725            | 715 |
| "Außen- V                 | 430                 | 539 | -   | -   | 450 | 563       | 638 | -              | 624 |
| seiter" VI                | 556                 | 731 | -   | -   | 543 | 659       | 690 | -              | 711 |
| Durchschnitts-<br>zunahme | 493                 | 635 | 638 | 533 | 510 | 611       | 660 | 681            | 663 |
| % Mehrzu-<br>nahme +      | - 3                 | 24  | 25  | 4   | 0   | 20        | 29  | 33             | 30  |
| Durchschnitts-<br>zunahme |                     |     | 562 |     |     | 636       |     | 672            |     |

+ Mehrzunahme in % gegenüber der mit Schrot Nr. 9 erreichten durchschnittlichen Zunahme

Tab. 4 Durchschnittliche Futterverwertungszahlen in Versuch I. Jedes Schrot  
in 2 - 6 Wiederholungen geprüft. (Küken vom 14. - 42. Lebenstag)

| Sojaschrot Nr. | Deutsche Schrote    |      |      |      |      | hitze-    |      | Amerika-       |      |
|----------------|---------------------|------|------|------|------|-----------|------|----------------|------|
|                | handelsübliche Ware |      |      |      |      | behandelt |      | nische Schrote |      |
| Wiederholung   | 1                   | 2    | 3    | 4    | 9    | 5         | 6    | 7              | 8    |
| I              | -                   | -    | 2.16 | 2.79 | 2.61 | -         | 2.34 | 2.09           | 2.52 |
| II             | -                   | -    | 2.22 | 2.71 | 2.90 | -         | 2.04 | 2.15           | 2.16 |
| III            | -                   | -    | 2.55 | 2.83 | 2.78 | -         | 2.29 | 2.04           | 2.17 |
| IV             | -                   | -    | 2.16 | 2.68 | 2.86 | -         | 2.22 | 2.18           | 2.30 |
| "Außen- V      | 3.00                | 2.32 | -    | -    | 2.58 | 2.60      | 2.55 | -              | 2.20 |
| seiter" VI     | 2.90                | 2.22 | -    | -    | 3.13 | 2.26      | 2.27 | -              | 2.30 |
| Durchschnitt   | 2.95                | 2.27 | 2.27 | 2.75 | 2.81 | 2.43      | 2.29 | 2.12           | 2.28 |
| Durchschnitt   |                     |      | 2.61 |      |      | 2.36      |      | 2.20           |      |

## 2) Urease-Aktivitätsbestimmung

Die Ergebnisse der titrimetrischen Urease-Aktivitätsbestimmung sind in Tabelle 5 zusammengefaßt.

Die Werte für die Ureaseaktivität wurden jeweils aus dem Mittel von vier Bestimmungen bei einer Einwaage von 50 mg bzw. 100 mg errechnet. Die Differenzen der einzelnen Bestimmungen eines Schrotes lagen bei Schroten hoher Ureaseaktivität höher, zwischen 0.13 und 0.47 ml 0.1 n NaOH, bei Schroten geringer Ureaseaktivität zwischen 0.04 und 0.06. Es kann daher über den errechneten Mittelwert bei den Schroten Nr. 2, 6 und 7 keine sichere Aussage über eine noch vorhandene Ureaseaktivität gemacht werden; sie könnte zumindest bei Schrot Nr. 2 und 6 durchaus gleich Null sein, was eventuell schon eine Überhitzung bedeuten könnte.

Tab. 5 Ergebnisse der titrimetrischen Urease-Aktivitätsbestimmungen

| Schrot<br>Nr.     | 4 Bestimmungen; ml 0.1 n NaOH                  |      |      |      |                            | Mittel-<br>wert =<br>ml 0.1<br>n NaOH | Urease-Aktivität           |                                |
|-------------------|------------------------------------------------|------|------|------|----------------------------|---------------------------------------|----------------------------|--------------------------------|
|                   | mit 50 mg Einwaage<br>( = mit 100 mg Einwaage) |      |      |      | Größte<br>Diffe-<br>renz + |                                       | mgN/g/<br>Min.<br>bei 40°C | pH-Än-<br>derung <sup>++</sup> |
| 1                 | 6.24                                           | 6.00 | 5.93 | 5.77 | 0.47                       | 5.99                                  | 5.59                       | 1.82                           |
| 2                 | 0.03                                           | 0.01 | 0.11 | 0.05 | 0.05                       | 0.03                                  | 0.03                       | 0.07                           |
| 3                 | 3.70                                           | 3.59 | 3.68 | 3.72 | 0.13                       | 3.67                                  | 3.43                       | 1.70                           |
| 4                 | 6.87                                           | 6.95 | 7.22 | 7.23 | 0.36                       | 7.07                                  | 6.60                       | 1.90                           |
| 5                 | 0.35                                           | 0.33 | 0.60 | 0.64 | 0.05                       | 0.33                                  | 0.31                       | 0.10                           |
| 6                 | 0.01                                           | 0.04 | 0.01 | 0.01 | 0.04                       | 0.02                                  | 0.02                       | 0.06                           |
| 7                 | 0.09                                           | 0.10 | 0.10 | 0.10 | 0.05                       | 0.07                                  | 0.07                       | 0.05                           |
| 8                 | 0.13                                           | 0.16 | 0.31 | 0.37 | 0.06                       | 0.16                                  | 0.15                       | 0.07                           |
| 9                 | 5.85                                           | 5.77 | 5.81 | 5.72 | 0.13                       | 5.79                                  | 5.40                       | 1.87                           |
| 16 <sup>+++</sup> | 8.46                                           | 8.39 | 8.53 | 8.16 | 0.37                       | 8.39                                  | 7.83                       | -                              |

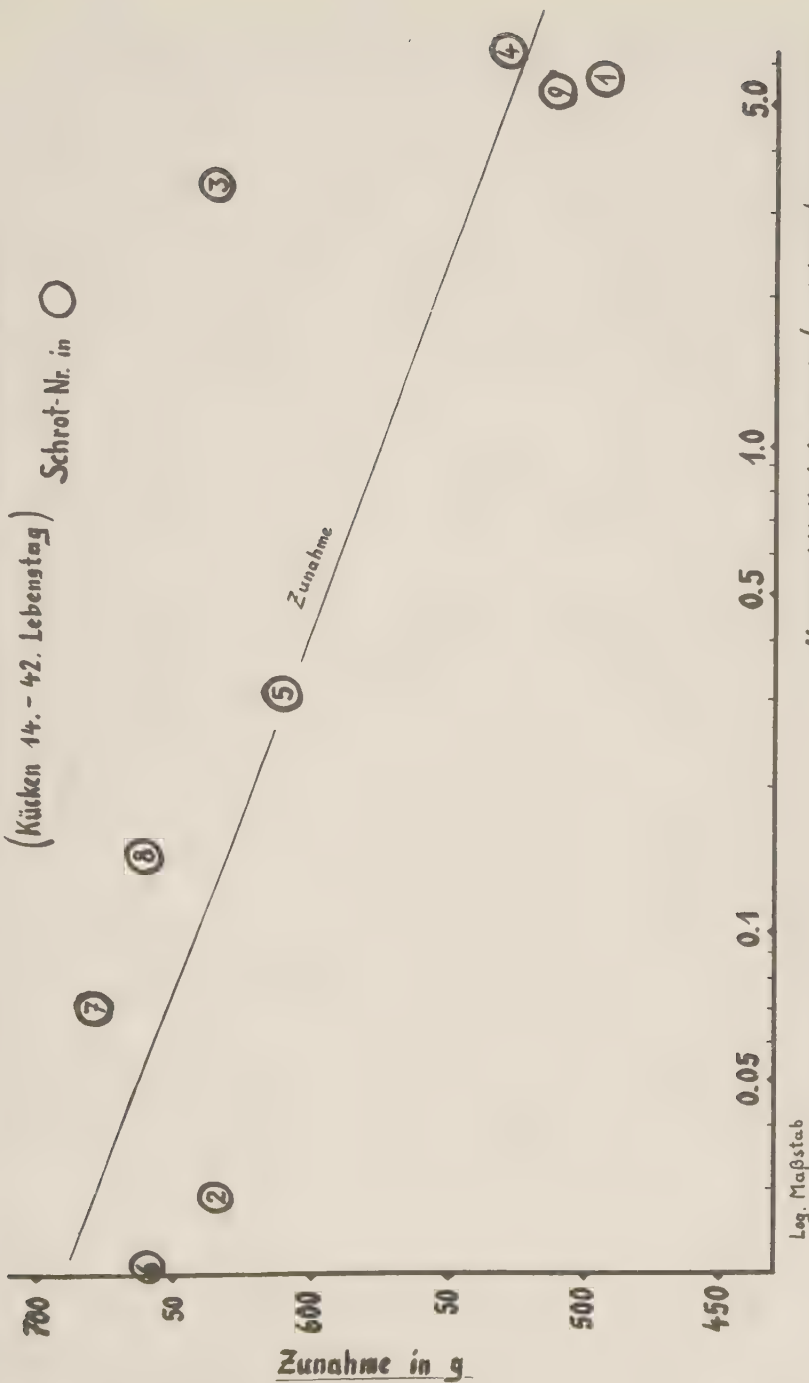
<sup>+</sup> Größte Differenz der 4 Bestimmungen; die Ergebnisse einer 100 mg - Einwaage wurden entsprechend der 50 mg-Einwaage umgerechnet.

<sup>++</sup> Die pH-Änderungswerte wurden freundlicherweise von HAYWARD (1959) bei denselben Schroten ermittelt.

<sup>+++</sup> Zum Vergleich ein Sojaschrot, das nach der Fettextraktion luftgetrocknet wurde.

Jedes Schrot in 2 - 6 Wiederholungen geprüft.  
(Küken 14. - 42. Lebenstag)

Schrot-Nr. in ○



Ureaseaktivität in mg N/g Schrot/Min bei 40°C

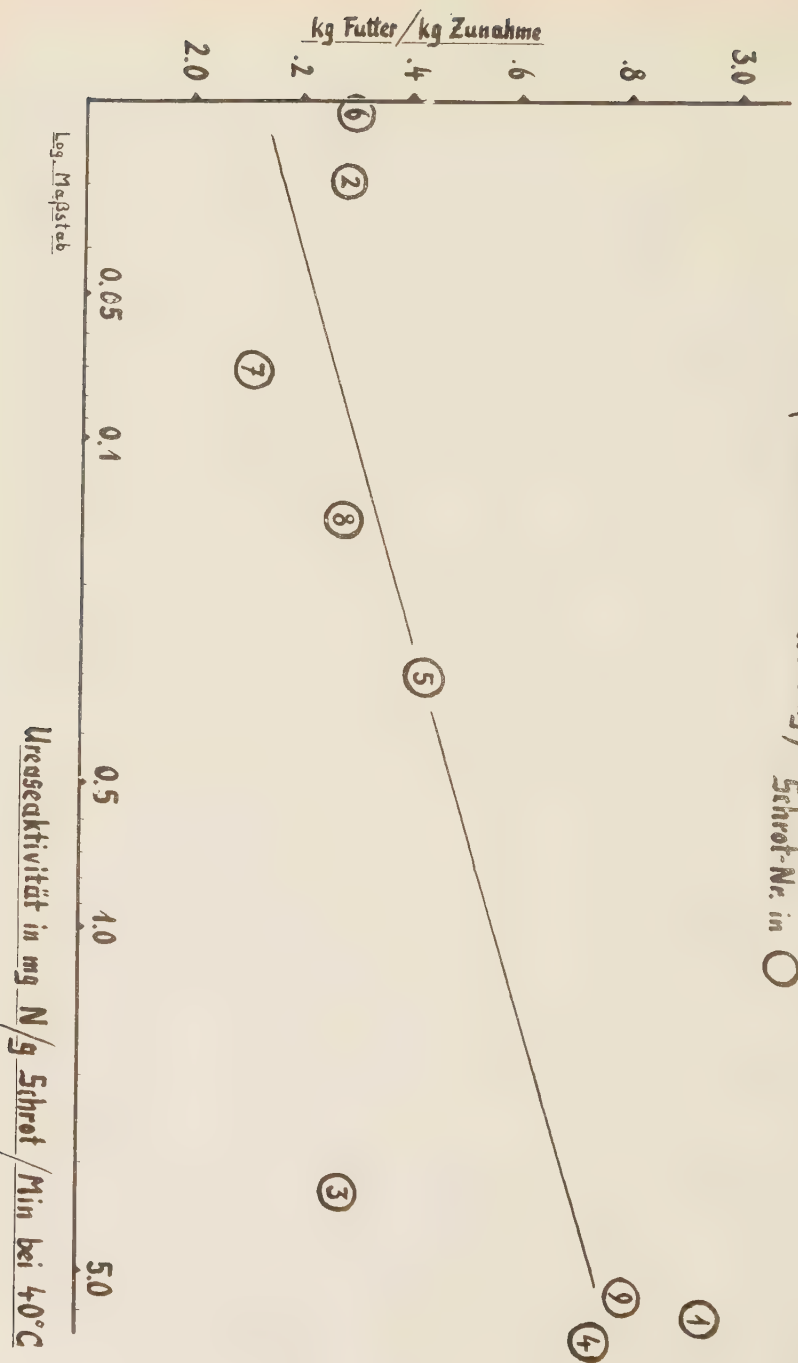
Abb. 3

Beziehung zwischen Ureaseaktivität u. Futterverwertung (Versuch I)

Jedes Schrot in 2 - 6 Wiederholungen geprüft.

(Küken 14. - 42. Lebensstag)

Schrot-Nr. in ○



Eine Gegenüberstellung der Ergebnisse aus Versuch I mit den an denselben Schroten ermittelten Ureasewerten zeigt Abbildung 2 und Abbildung 3. In diesen Darstellungen wurden die Gewichtszunahmen und Futterverwertungszahlen in Beziehung zur Ureaseaktivität gesetzt. Auf der Abszisse wurde zur besseren Darstellung niederer Ureaseaktivitätswerte ein logarithmischer Maßstab gewählt. Die Schrote Nr. 1, 4 und 9 zeigen bei geringster Leistung im Kükenversuch die höchste Ureaseaktivität, während die Schrote mit geringer Aktivität zu guten und sehr guten Zunahmen und Futterverwertungszahlen führten. Schrot Nr. 3 macht hier eine Ausnahme; trotz hoher Ureaseaktivität erbrachte es noch eine gute Gewichtszunahme.

### 3) Wasserdispergierbares Protein und Proteinlöslichkeitsindex

Die Ergebnisse der Bestimmung der Eiweißlöslichkeit sind in Tabelle 6 festgehalten. Zur Bestimmung des wasserdispergierbaren Proteins (WDP) wurden für jedes Schrot drei Doppelbestimmungen durchgeführt und aus diesen der Mittelwert als Ergebnis genommen. Der Proteinlöslichkeitsindex (PSI) errechnete sich (wie oben angegeben) aus dem WDP und dem Rohprotein.

Es zeigt sich, daß die hier erhaltenen Werte für WDP und PSI mit den Ergebnissen des Ureasetestes und der biologischen Prüfung etwa übereinstimmen. Die Beziehung zwischen WDP und der Gewichtszunahme bzw. der Futterverwertungszahl der neun Schrote ist in Abbildung 4 dargestellt. Die unterwertigen, wenig erhitzten Schrote Nr. 1, 3, 4 und 9, die hohe Ureasewerte hatten, zeigen auch durchweg hohe Wasserlöslichkeit des Eiweißes, d. h. zwischen 23 und 40 % wasserdispergierbares Protein. Die Schrote Nr. 5, 6, 7 und 8, die im biologischen Test die besten Ergebnisse lieferten, zeigen WDP-Werte zwischen 15 und 18 %. Ein Wert unter 10 % WDP, 7,6 % bei Schrot Nr. 2, könnte schon auf eine eventuelle Überhitzung schließen lassen. Dieses Schrot erzielte jedoch im biologischen Test noch eine sehr gute Futterverwertung und auch eine gute Gewichtszunahme.

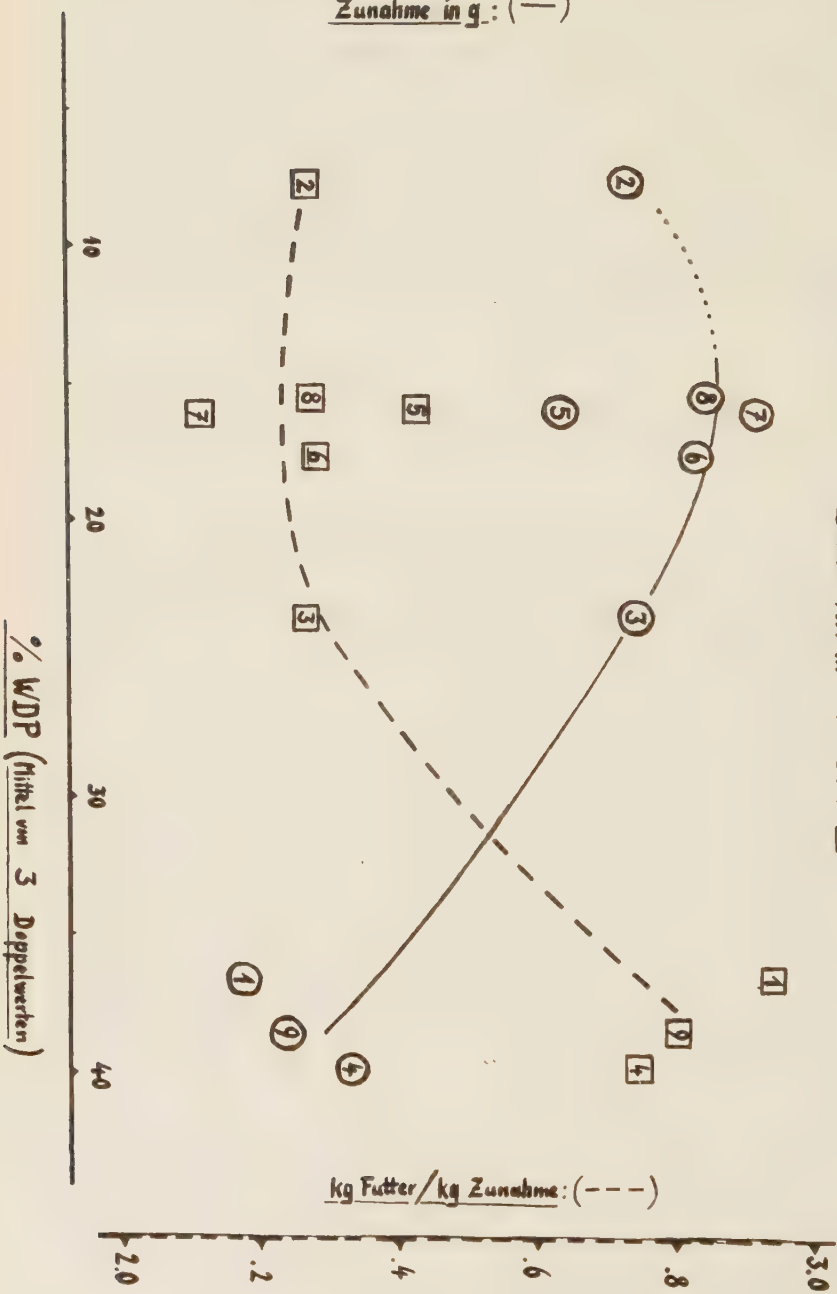
Abb. 4

Beziehung zwischen wasserlöslicherem Protein u. Gewichtszunahme im Versuch I  
bzw. Futterverwertungszahl.

Schrot-Nr. in ○ bzw. □

Zunahme in g: (—)

kg Futter/kg Zunahme: (---)



% WDP (Mittel von 3 Doppelwerten)

Tab. 6 Ergebnisse der Eiweißlöslichkeitsbestimmungen.  
Wasserdispergierbares Protein (WDP) und Protein-  
löslichkeitsindex (PSI)

| Schrot<br>Nr. | % WDP                            |      |      | % WDP <sup>+</sup> |        | PSI <sup>+</sup>              |        |
|---------------|----------------------------------|------|------|--------------------|--------|-------------------------------|--------|
|               | Ergebnisse von<br>3 Bestimmungen |      |      | Mittelwert         |        | (WDP in % des<br>ROhproteins) |        |
| 1             | 36.4                             | 36.0 | 37.4 | 36.6               | (36.1) | 80.5                          | (75.8) |
| 2             | 7.2                              | 7.5  | 8.0  | 7.6                | ( 7.3) | 16.5                          | (15.5) |
| 3             | 23.5                             | 23.7 | 23.2 | 23.5               | (22.3) | 53.0                          | (48.0) |
| 4             | 40.4                             | 39.7 | 39.7 | 39.9               | (39.3) | 89.6                          | (82.0) |
| 5             | 16.3                             | 15.1 | 16.9 | 16.1               | (14.9) | 39.6                          | (36.4) |
| 6             | 17.2                             | 18.4 | 17.6 | 17.7               | (16.5) | 39.6                          | (36.5) |
| 7             | 15.9                             | 15.6 | 16.8 | 16.1               | (15.4) | 30.8                          | (28.8) |
| 8             | 15.1                             | 15.7 | 15.6 | 15.5               | (15.5) | 31.0                          | (29.6) |
| 9             | 38.6                             | 38.4 | 38.9 | 38.6               | (37.0) | 87.1                          | (84.0) |

<sup>+</sup> Die in ( ) angegebenen Werte wurden von HAYWARD (1959) an den-  
selben Schroten bestimmt.

#### 4) Methioninergänzung

In den Tabellen 7 und 8 sind die Ergebnisse des Versuches II zusam-  
mengestellt, in dem je zwei Sojaschrote dreier verschiedener Qualitäten,  
"gering" (Nr. 1 und Nr. 9), "mittel" (Nr. 3 und Nr. 5) und "gut"  
(Nr. 7 und Nr. 8), mit und ohne 0.1 % DL-Methionin in der Ration ge-  
prüft wurden. Die Abbildung 5 soll die Auswirkung dieser zusätzlichen Methi-  
ningabe auf die 4-Wochengewichte veranschaulichen.

Tab. 7      Kükengewichte (g) am 28. Lebenstag in Versuch II.  
Wirkung einer Ergänzung von 0.1 % DL-Methionin  
in der Diät bei verschiedenen Schrotqualitäten

| Qualitäts-<br>einstufung                                | "gering"   |            | "mittel"   |            | "gut"      |            |
|---------------------------------------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| + 0.1 % DL-<br>Methionin in<br>der Diät                 | -          | +          | -          | +          | -          | +          |
| Schrot Nr.                                              | 1          |            | 3          |            | 7          |            |
| Wieder-<br>holung I                                     | 364        | 402        | 443        | 498        | 466        | 527        |
| II                                                      | 350        | 420        | 464        | 512        | 507        | 539        |
| III                                                     | 394        | 409        | 488        | 471        | 476        | 467        |
| Mittel                                                  | <u>365</u> | <u>405</u> | <u>461</u> | <u>497</u> | <u>484</u> | <u>518</u> |
| Gewichtszunahme<br>(40 g Schlupfge-<br>wicht abgezogen) | 325        | 365        | 421        | 457        | 444        | 478        |
| % Mehrzunahme<br>durch Methionin-<br>zusatz             | -          | 12.2       | -          | 8.6        | -          | 7.7        |
| Schrot Nr.                                              | 9          |            | 5          |            | 8          |            |
| Wieder-<br>holung I                                     | 368        | 426        | 458        | 487        | 496        | 498        |
| II                                                      | 379        | 428        | 438        | 520        | 473        | 507        |
| III                                                     | 390        | 443        | 410        | 504        | 467        | 474        |
| Mittel                                                  | <u>377</u> | <u>430</u> | <u>440</u> | <u>504</u> | <u>481</u> | <u>496</u> |
| Gewichtszunahme<br>(40 g Schlupfge-<br>wicht abgezogen) | 337        | 390        | 400        | 464        | 441        | 456        |
| % Mehrzunahme<br>durch Methionin-<br>zusatz             | -          | 15.8       | -          | 16.0       | -          | 3.6        |

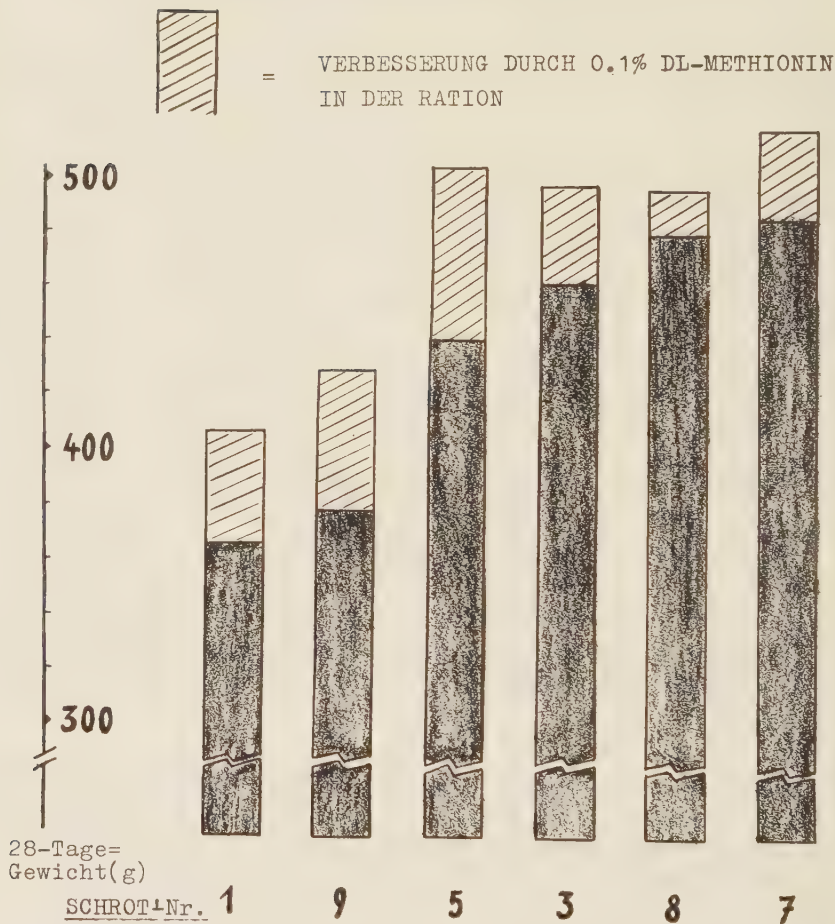
Tab. 8    Beeinflussung der Futterverwertung in Versuch II durch eine Ergänzung von 0.1 % DL-Methionin in der Diät bei verschiedenen Schrotqualitäten (kg Futterverzehr/kg Zunahme)

| Qualitäts-<br>einstufung                   | "gering" |      | "mittel" |      | "gut" |      |
|--------------------------------------------|----------|------|----------|------|-------|------|
| Schrot-Nr.                                 | 1        | 9    | 3        | 5    | 7     | 8    |
| ohne DL-Methionin                          | 2.43     | 2.36 | 2.07     | 2.30 | 1.89  | 1.92 |
| mit DL-Methionin<br>(0.1 % in der<br>Diät) | 2.38     | 2.16 | 1.92     | 1.89 | 1.85  | 1.92 |
| Verbesserung durch<br>DL-Methionin         | 2 %      | 8 %  | 7 %      | 18 % | 2 %   | 0 %  |

Die Mehrzunahmen für die drei Qualitätsgruppen "gering", "mittel" und "gut" sind im Durchschnitt 14 %, 12 % und 6 %; sie nehmen mit zunehmender Qualität somit ab. Es ist jedoch auch bei "guten" Schroten noch eine Methioninwirkung vorhanden.

Während die Gewichtszunahmen bei Rationen mit Schrot Nr. 3 und Nr. 5 ohne zusätzliches Methionin noch deutlich unter der mit Schrot Nr. 8 erzielten Zunahme liegen, erreichen sie doch bei der Ergänzung mit 0.1 % DL-Methionin den entsprechenden Wert von Schrot Nr. 8 mit Methioninergänzung. Beim Wachstum und insbesondere bei der Futterverwertung ergibt sich somit eine Abhängigkeit der Methioninwirkung von der Sojaschrotqualität insofern, als diejenigen Rationen, welche "gute" Schrote enthalten, durch DL-Methionin in geringerem Maße verbessert werden als die Rationen mit Schroten von mittlerer und geringer Qualität.

ABHÄNGIGKEIT DER METHIONINWIRKUNG  
VON DER SOJAQUALITÄT

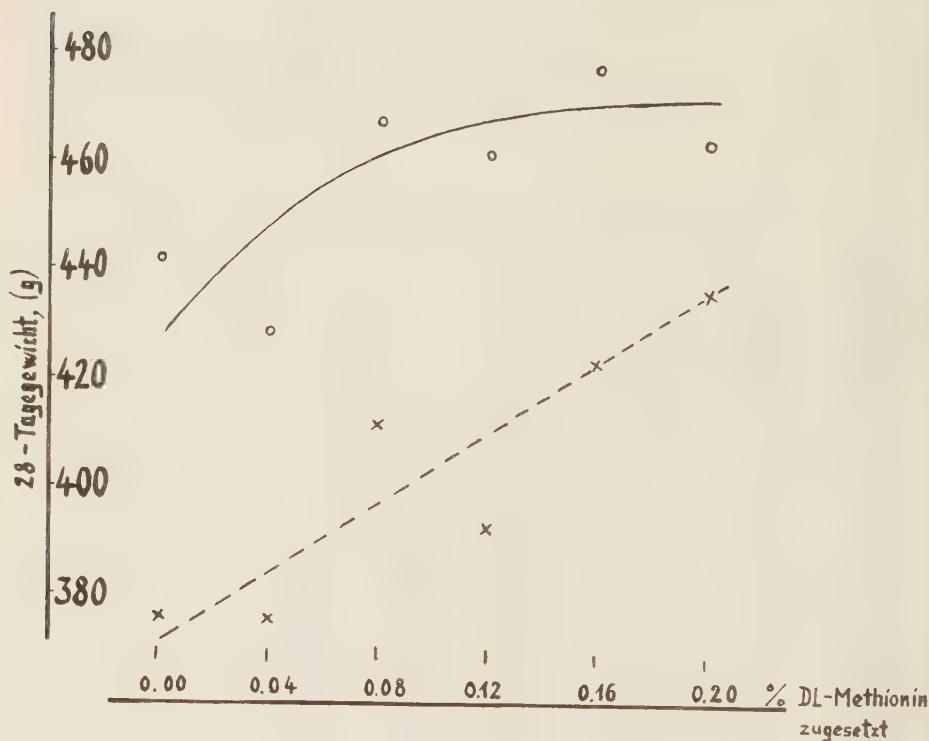


JEDE SÄULE = MITTEL AUS DREI KÜKENGRUPPEN OHNE METHIONIN  
UND DREI KÜKENGRUPPEN MIT METHIONIN



Abb. 6

Schrotqualität und Methionindosierung.



Schrotqualität „gering“ : - - - - - x  
 „mittel“ : ————— o

Wie aus den Ergebnissen von Versuch II zu erwarten war, ist bei den beiden Schrotqualitäten die Wirkung der Methioninergänzungen unterschiedlich. Die das geringerwertige Schrot enthaltende Ration wird durch zunehmende Methioninergänzungen von 0,04 % bis 0,2 % in ihrer Wirkung auf das Wachstum progressiv verbessert und dürfte bei 0,2 % DL-Methionin ihr Leistungsoptimum noch nicht erreicht haben. Dagegen weist die Ration mit dem Schrot mittlerer Qualität einen geringeren Ergänzungsbedarf für Methionin auf, dessen Optimum bereits bei 0,12 - 0,16 % zugesetztem DL-Methionin liegen dürfte.

Bei den Futterverwertungszahlen zeigt sich dieser Unterschied zwischen den beiden Schrotqualitäten ebenfalls. Hier liegt das Optimum für das geringerwertige Schrot etwa bei 0,16 bis 0,2 % zugesetztem Methionin, während es bei dem Schrot "mittlerer" Qualität bereits - wie auch beim Wachstum - bei 0,12 bis 0,16 % erreicht wird.

## V. DISKUSSION

In der vorliegenden Arbeit wurde zunächst versucht, die Beziehung zwischen der im biologischen Versuch ermittelten Eiweißqualität von Sojaschroten einerseits und der Ureaseaktivität und dem Gehalt an wasserlöslichem Protein andererseits zu untersuchen. Da es sich hier um Schrote der verschiedensten Herkünfte mit unbekannter Erhitzungsdauer handelte, ist die Beziehung zwischen den im biologischen Versuch ermittelten Werten und der Ureaseaktivität bzw. dem wasserlöslichen Protein nicht so eng, wie sie BALLOUN u. Mitarb. (1953) an ein und demselben Schrot bei abgestufter Erhitzungsdauer finden konnten. Jedoch zeigen die Ergebnisse, daß die Bestimmungen der Ureaseaktivität und des wasserlöslichen Proteins auch bei Schroten unbekannter Provenienz zumindest eine Abschätzung hinsichtlich der zu erwartenden Eiweißqualität im biologischen Versuch ermöglichen.

Die hier durchgeführte titrimetrische Urease-Aktivitätsbestimmung nach SMITH u. Mitarb. (1956) sowie die Messung der pH-Änderung (HAYWARD, 1959) ergab für die Schrote Nr. 2, 5, 6, 7 und 8 die niedrigsten Werte, woraus auf ein ausreichendes Erhitzen dieser Schrote geschlossen werden kann. Die für die Schrote Nr. 2, 6 und 7 angegebenen sehr niedrigen Werte können allerdings bei der titrimetrischen Methode nicht mehr als gesichert angenommen werden, da sie an oder unter der Nachweisbarkeitsgrenze lagen.

Eine größere Genauigkeit der Ureasewerte könnte durch größere Einwaagen von 0,2 bis 0,5 g erreicht werden, was vor allem für Schrote von niedriger Ureaseaktivität angebracht wäre, um besser auf eine optimale Erhitzung schließen zu können. Die titrimetrische Methode eignete sich aber gut für untererhitzte Schrote, wie ein Vergleich mit dem Tierversuch ergab. Lediglich das Schrot Nr. 3 erbrachte bei noch verhältnismäßig hoher Ureaseaktivität eine gute Gewichtszunahme, die aber noch unter den mit den besten Schroten Nr. 6, 7 und 8 erreichten Zunahmen lag.

Die hier verwendete Methode (PAULSEN u. Mitarb., 1959) zur Bestimmung des wasserdispergierbaren Proteins (WDP) bzw. des Proteinlöslichkeitsindex (PSI) von Schroten zeigte, daß sie im Rahmen dieser neun geprüften Sojaschrote geeignet war, untererhitzte und optimal erhitzte Schrote zu unterscheiden und damit ihren Wert für die Fütterung abzuschätzen. Die hierbei erzielten Werte für WDP und PSI, verglichen mit denen, die HAYWARD (1959) mit denselben Schroten erhielt, waren allerdings fast durchweg etwas höher, was auf

die Verwendung der verschiedenen Zerkleinerungsgeräte und der damit verbundenen verschiedenen Mischungsintensität und Erwärmung des Materials zurückgeführt werden könnte (SMITH u. Mitarb., 1952). PAULSEN u. Mitarb. (1959) schrieben hierfür einen bestimmten Mischer (Hamilton Bead Mixmaster # 30) vor, der vor jeder Testserie genau geeicht werden konnte, während hier lediglich ein Starmix Verwendung fand, bei dem sich die Schrotaufschwemmung stets auf ca. 42 - 45° C erwärmte. Trotzdem erschien die Verwendung eines Starmix durchaus geeignet, da sich zwar geringfügig höhere Werte, jedoch etwa dieselben relativen Abstufungen ergaben wie bei der Untersuchung der gleichen Proben durch HAYWARD (1959).

Die Schrote Nr. 1, 4 und 9, die die schlechtesten Gewichtszunahmen ergaben, hatten auch die höchsten Werte für WDP und eine hohe Ureaseaktivität. Schrot Nr. 3 ist trotz seines noch verhältnismäßig guten biologischen Wertes bei einem WDP-Wert von 23,5 % (PSI = 53 %) offensichtlich noch nicht ausreichend erhitzt worden und hätte wahrscheinlich bei richtiger Hitzebehandlung eine noch bessere Zunahme im Kükenversuch erzielt. Mit einem WDP-Wert von 7,6 % liegt Schrot Nr. 2 schon nahe dem von CATRON und HAYS (1958) angegebenen Wert von 5,1 % für überhitztes Schrot, dürfte aber wahrscheinlich - wie die noch sehr guten Zunahmen zeigen - noch nicht überhitzt worden sein.

Die WDP-Werte von 15,5 - 17,7 % (bzw. PSI-Werte von 31 - 39,6 %) der Schrote Nr. 5, 6, 7 und 8 weisen auf eine ausreichende Erhitzung hin. Mit Ausnahme von Schrot Nr. 5 wurden mit diesen Schroten auch im Fütterungsversuch die höchsten Gewichtszunahmen erzielt (Abb. 4). Der Grund dafür, daß das Schrot Nr. 5 mit dem niedrigsten Rohproteingehalt von nur 40,65 % trotz seines günstigen WDP-Wertes einen niedrigeren nutritiven Wert zeigte, könnte durch die Sorte oder andere hier nicht erkennbare wertmindernde Faktoren bedingt sein. Auffallend ist auch, daß dieses Schrot in Versuch II durch einen Methioninzusatz von 0,1 % die größte Wachstumsverbesserung erzielte (Abb. 5), was ebenfalls auf eine geringere Qualität schließen läßt.

Beide Methoden, die titrimetrische Urease-Aktivitätsbestimmung und die Bestimmung des WDP bzw. des PSI waren somit geeignet, mit geringen Ausnahmen bei Schroten unbekannter Provenienz eine zu geringe Erhitzung und den damit verbundenen niederen biologischen Wert festzustellen. Darüber hinaus konnte mit beiden Methoden, mit der Urease-Aktivitätsbestimmung allerdings nur bedingt, eine ausreichende Erhitzung erkannt werden.

Ein Vergleich der amerikanischen Schrote Nr. 7 und 8 mit den übrigen sieben deutschen Schroten zeigte, daß nur ein deutsches Schrot (Nr. 6) das mit den

amerikanischen Schroten erzielte Wachstum von Küken erreichen konnte. Lediglich mit drei deutschen Schroten (Nr. 6, 2 und 3) wurde auch die gleiche Futterverwertung wie mit dem amerikanischen Schrot Nr. 8 erzielt. Als Hauptursache für die zum Teil erheblich schlechtere Qualität der verwendeten deutschen Schrote muß eine nicht ausreichende Erhitzung nach der Extraktion zur Erzielung optimaler Qualität angenommen werden.

In Versuch II wurde die Auswirkung eines Zusatzes von 0,1 % DL-Methionin in der Ration auf je zwei Sojaschrote dreier verschiedener Qualitäten, "gering" (Nr. 1 und 9), "mittel" (Nr. 3 und 5) und "gut" (Nr. 7 und 8), geprüft. Hierbei wurde deutlich, daß durch einen Methioninzusatz zu Schroten niedriger Qualität, die wahrscheinlich ungenügend erhitzt worden waren, eine größere Wachstumszunahme erreicht wird, als dies bei Schroten guter Qualität der Fall ist, was auch HAYWARD u. Mitarb. (1941), EVANS u. Mitarb. (1951) und BORCHERS (1958) finden konnten. Es kann daraus gefolgert werden, daß die Verfügbarkeit des Methionins bei Schroten niedriger Qualität, die hier als untererhitzt angesehen werden müssen, geringer oder der Bedarf an Methionin größer ist als bei ausreichend erhitzten Schroten.

Waren die Mehrzunahmen, die durch die methioninergänzten Rationen erzielt werden konnten, bei den drei Schrotqualitäten bis zum 14. Lebenstag der Küken im Durchschnitt 21 %, 16 % und 3 %, so änderten sich diese Werte bis zur 4. Lebenswoche in 14 %, 12 % und 3 %. Diese Abnahme der prozentualen Mehrzunahme mit fortschreitendem Wachstum könnte unter anderem darauf beruhen, daß der jüngere Organismus auf einen Methioninmangel empfindlicher reagiert als später.

Die durch Methioninergänzung erzielten Leistungsverbesserungen, besonders bei den Schroten Nr. 1, 9 und 5, waren verhältnismäßig hoch, lagen aber doch noch unter den Verbesserungen, die FANGAUF u. Mitarb. (1958) mit einer ähnlichen Ration mit lediglich 0,05 % DL-Methioninzusatz erzielen konnten. Trotzdem erscheinen diese Leistungsverbesserungen hoch im Vergleich zu den bei ähnlichen Diäten amerikanischer Autoren mit Methionin erhaltenen Mehrleistungen, was auf eine generell höhere Qualität amerikanischer Schrote, die letztlich von der richtigen Hitzebehandlung abhängt, schließen läßt.

Wie aus Versuch III hervorgeht, ist die Höhe der jeweils optimalen Methioninergänzung bei den Schrotqualitäten "gering" und "mittel" verschieden. Obwohl zwischen den einzelnen abgestuften Methioninzulagen ziemliche Schwankungen auftraten (Abb. 6), zeigt sich aus dem Kurvenverlauf eindeutig, daß bei dem

höherwertigen Schrot schon eine niedrigere Methioninergänzung als bei dem Schrot "geringer" Qualität maximale Leistungsverbesserungen ergibt.

Es muß hier noch darauf hingewiesen werden, daß der - lediglich aus Tabellenwerten berechnete - Methioningehalt der Grundration von 0,4 % noch über dem von OUSTERHOUT (1959) mit 0,3 % angegebenen Bedarf lag. Andererseits ergab sich - ebenfalls nach Tabellenwerten - wegen des niedrigen Cysteingehalts ein Gesamt-Thioamino-säuregehalt von nur 0,69 %. Dies ergäbe ein rechnerisches Thioamino-säuredefizit von 0,11 %, da der Bedarf für Methionin plus Cystein mit 0,80 % angenommen wird.

Berücksichtigt man den hohen Energiegehalt der Ration, so ist die Übereinstimmung dieses rechnerischen Defizits mit dem festgestellten Ergänzungsbedarf von 0,12 - 0,16 % Methionin bei dem Schrot mittlerer Qualität als ausgezeichnet anzusehen.

Für das Schrot geringer Qualität ergab sich im Versuch allerdings ein wesentlich höherer Ergänzungsbedarf, was als Folge einer geringeren Verfügbarkeit des Methionins auf Grund ungenügender Erhitzung (bzw. Störung der Ausnutzung durch den Trypsininhibitor) gedeutet werden kann.

So zeigen sowohl die Ergebnisse von Versuch II als auch besonders von Versuch III, daß sich zwar die Qualitätsunterschiede zwischen den Schroten - sofern diese nicht sehr extrem sind - durch Methioninergänzungen der geringeren Qualitäten ausgleichen lassen, daß aber offensichtlich weitere limitierende Faktoren vorhanden sind, da mit den geringerwertigen Schroten plus Methionin sich nicht ebenso hohe Leistungen erzielen lassen wie mit den methioninergänzten Schroten guter Qualität.

Die vorliegenden Ergebnisse bedürften allerdings genauer analytischer Werte über den Methionin- und Cysteingehalt der verwendeten Futtermittel sowie über deren Verfügbarkeit. Somit verstehen sich diese hier ermittelten Absolutwerte nur im Rahmen der verwendeten Ration, des Tiermaterials und der dargelegten Wachstumsperiode und können nur bei Beachtung dieser Faktoren in die Praxis übertragen werden. Es dürfte aber auf Grund der geschilderten Ergebnisse eine Methioninergänzung von Küken- und Broilerrationen grundsätzlich angezeigt sein, wenn deren Proteinanteil hauptsächlich aus Cerealien- und Sojaschroteiweiß besteht. Der Ergänzungsbedarf bei Verwendung eines Schrotes von bester Qualität dürfte dabei erheblich niedriger sein als bei Schroten geringer Qualität.

Gleichzeitig soll hier auf die Forderung einer genaueren Beachtung der für op-

timalen biologischen Wert notwendigen Erhitzung von Sojaschrot hingewiesen werden; zumindest sollten aber hochwertige Sojaschrote von den geringwertigen Schroten durch Kennzeichnung für die Praxis, insbesondere für die Geflügelfütterung, unterschieden werden.

## VI. ZUSAMMENFASSUNG

- 1) Nach eingehender Besprechung des Sojaschrotes als Eiweißfuttermittel für monogastrische Tiere und der Abhängigkeit seiner Qualität - sowie deren analytischer Kriterien - von der bei der Gewinnung erfolgten Erhitzung wurde die Ergänzungswirkung von Methionin auf Sojaschrot enthaltende Rationen behandelt.
- 2) In einem ersten Fütterungsversuch mit Küken wurde die Eiweißqualität von zwei amerikanischen Sojaschroten und von sieben Sojaschroten deutscher Herkunft geprüft. Ein Vergleich ergab, daß die deutschen Schrote den amerikanischen zum Teil erheblich unterlegen waren, was auf eine nicht ausreichende Erhitzung nach der Extraktion zur Erzielung optimaler Qualität zurückgeführt werden muß.
- 3) Die Ureaseaktivitätswerte sowie die Gehalte an wasserlöslichem Protein - von einzelnen Ausnahmen abgesehen - standen in enger Beziehung zu der im Kükenversuch ermittelten Eiweißqualität.
- 4) In einem 2. Versuch ergab der Zusatz von 0.1 % DL-Methionin zum Teil sehr beträchtliche Verbesserungen von Wachstum und Futterverwertung. Diese Verbesserungen waren wesentlich größer bei Schroten von geringer und mittlerer Eiweißqualität als bei Schroten guter Qualität.
- 5) Bei einer weiteren Prüfung von fünf abgestuften Methionindosierungen wurde festgestellt, daß zur Erreichung der optimalen Wirkung zugesetzten DL-Methionins bei Schroten geringer Qualität größere Methioninzulagen erforderlich sind als bei Schroten mittlerer Qualität.

## VII. LITERATURVERZEICHNIS

- Almquist, H.J. Proteins and Amino Acids in Animal Nutrition  
U.S. Industrial Chemicals Co.,  
4th Edition, 1957
- Almquist, H.J. und S. Maurer Poultry Sci. 32, 549 (1953)
- Almquist, H.J., E. Mecchi, F.H. Kratzer, C.R. Grau J. Nutr. 24, 385 (1942)
- Almquist, H.J. und J.B. Merritt Proc. Soc. Exp. Biol. Med. 73, 136 (1950)  
zit. nach Almquist, H.J. (1957)
- Almquist, H.J. und J.B. Merritt Proc. Soc. Exp. Biol. Med. 83, 269 (1953)  
zit. nach Grau, C.R. und R.W. Carroll (1958)
- Baldini, J.T., H.R. Rosenberg Poultry Sci. 34, 1301 (1955)
- Balloun, S. L. E. L. Johnson und L. K. Arnold Poultry Sci. 32, 517 (1953)
- Belter, P. A., A. K. Smith J. Am. Oil Chem. Soc. 29, 170 (1952)
- Bird, H.R. Poultry Sci. 31, 1095 (1952)
- Bird, H.R., R.V. Boucher, C.D. Caskey Jr., J.W. Hayward und J.E. Hunter J. Assoc. Official Agr. Chem. 30, 354 (1947)  
zit. nach Croston u. Mitarb. (1955)
- Borchers, R. J. Nutr. 66, 229 (1958)

- Borchers, R.,  
C. W. Ackerson und  
F. E. Mussehl  
Arch. Biochem. Biophys. 19, 317  
(1948)  
zit. in Nutr. Reviews 16, 242 (1958)
- Borchers, R.,  
C. W. Ackerson,  
R. M. Sandstedt  
Arch. Biochem. 12, 367 (1947)
- Bouthilet, R. J.,  
W. L. Hunter,  
C. A. Luhmann, D. Ambrose,  
S. Lepkovsky  
Poultry Sci. 29, 837 (1950)
- Braham, J. E., H. R. Bird,  
C. A. Baumann  
J. Nutr. 67, 149 (1959)
- Caskey, C. D. Jr., and  
F. C. Knapp  
Ind. Eng. Chem., Anal. Edition,  
16, 640 (1944)  
zit. nach Croston, C. B. (1955)
- Catron, D. V. and  
V. W. Hays  
Soybean Oil Meal in Modern  
Animal Nutrition, Soybean  
Council of America, Rom (1958)
- Chernick, S. S.,  
S. Lepkovsky,  
J. L. Chaikoff  
Am. J. Physiol. 155, 33 (1948)  
zit. nach Liener, J. E. (1958)
- Clandinin, D. R.,  
W. W. Cravens,  
C. A. Elvehjem,  
J. G. Halpin  
Poultry Sci. 26, 150 (1947)
- Combs, G. F.  
Proc. Univ. Maryland Nutrition  
Conf., p. 49 (1956)  
zit. nach Waddel, J. in "Processed  
Plant Protein Foodstuffs"  
Academic Press, New York 1958
- Cravens, W. W. und  
E. Sipos  
in "Processed Plant Protein  
Foodstuffs", S. 364, Academic  
Press, New York 1958

- Croston, C.B.,  
A.K. Smith,  
J. C. Cowan  
J. Am. Oil Chemists' Soc. 32,  
279 (1955)
- Edwards, H.M. Jr.,  
L. C. Norris,  
G. F. Heuser  
Poultry Sci. 35, 385 (1956)
- Evans, R. J.,  
J. L. St. John  
J. Nutr. 30, 209 (1945)
- Evans, R. J.,  
J. McGinnis  
J. Nutr. 31, 449 (1946)
- Evans, R. J.,  
J. McGinnis,  
J. L. St. John  
J. Nutr. 33, 661 (1947)
- Evans, R. J., H. A. Butts  
J. Biol. Chem. 175, 15 (1948)  
zit. nach Liener, J.E. (1958)
- Evans, R. J., H. A. Butts  
Science 109, 569 (1949)
- Evans, R. J.,  
A. C. Groschke  
H. A. Butts  
Arch. Biochem. 30, 414 (1951)  
zit. nach Liener, J.E. (1958)
- Evans, R. J.  
S. L. Bandemer  
D. H. Bauer  
Poultry Sci. 35, 174 (1956)
- Evans, R. J.  
J. McGinnis  
J. Nutr. 35, 477 (1948)
- Fangauf, R., H. Vogt,  
G. v. Barlöwen  
Arch. Geflügelkde. 21, 281 (1957)
- Fangauf, R., H. Vogt,  
G. v. Barlöwen  
Arch. Geflügelkde. 22, 145 (1958)
- Fincher, H. D.  
in "Processed Plant Protein Foodstuffs",  
S. 68, Academic Press, New York 1958
- Fisher, H.,  
D. Johnson Jr.,  
S. Ferdo  
J. Nutr. 61, 611 (1957)

- Gebhardt, G. Arch. Tierern. 8, 211 (1958)
- McGinnis, J., J. Nutr. 34, 725 (1947)
- R. J. Evans
- Gordon, R. S., Poultry Sci. 33, 1056 (1954)
- K. H. Maddy, W. T. Jenkins,
- J. W. Sizer
- Gordon, R. S., K. H. Maddy Poultry Sci. 35, 1145 (1956)
- Gordon, R. S.,
- L. J. Machlin, K. H. Maddy Poultry Sci. 36, 1122 (1957)
- Gordon, R. S., K. H. Maddy, Poultry Sci. 37, 1208 (1958)
- L. J. Machlin
- Grau, C. R., R. W. Carroll in "Processed Plant Protein Foodstuffs", S. 153, Academic Press, New York 1958
- Grau, C. R., J. Nutr. 41, 89 (1950)
- M. Kamel
- Grimminger, P., Poultry Sci. 33, 1057 (1954)
- R. M. Forbes, H. M. Scott
- Ham, W. E., J. Biol. Chem. 161, 635 (1945)
- R. M. Sandstedt, zit. nach Borchers, R. u. Mitarb.
- F. E. Mussehl in J. Nutr. 41, 339 (1950)
- Hayward, J. W., Poultry Sci. 20, 139 (1941)
- F. M. Hafner zit. nach Liener, J. E. (1958)
- Hayward, J. W., J. Nutr. 11, 219 (1936 b)
- H. Steenbock, zit. nach Liener, J. E. (1958)
- G. Bohstedt
- Hayward, J. W., J. Nutr. 12, 275 (1936 a)
- H. Steenbock,
- G. Bohstedt
- Hayward, J. W. Archer-Daniels-Midland Company, Minneapolis, Minnesota, persönliche Mitteilung Juli (1959)

Hsu, P. T.,  
W. D. Graham,  
J. S. Carver, J. McGinnis

Hsu, P. T., G. F. Combs

Jimenez, A. A.,  
E. L. Stephenson

McKittrick, D. S.

Klose, A. A., B. Hill,  
H. L. Fevold

Kruiken, K. A.,  
C. M. Lyman

Kunitz, M.

Liener, J. E.,  
H. J. Deuel Jr.,  
H. L. Fevold

Liener, J. E.,

Liener, J. E.,  
E. G. Hill

Liener, J. E.

Lund, A. P.,  
W. M. Sandstrom

Lyman, C. M.

Lyman, R. L.,  
S. Lepkovsky

Machlin, L. J.,  
R. S. Gordon

Poultry Sci. 28, 780 (1949)  
zit. nach Balloun, S. L. (1953)

J. Nutr. 47, 73 (1952)

Poultry Sci. 36, 1130 (1957)

Growth 11, 89 (1947)

Food Technol. 2, 201 (1948)  
zit. nach Liener, J. E. (1958)

J. Biol. Chem. 177, 29 (1949)  
zit. nach Liener, J. E. (1958)

J. Gen. Physiol. 29, 149 (1946)  
zit. nach Liener, J. E. (1953 a)

J. Nutr. 39, 325 (1949)

J. Nutr. 49, 527 (1953 a)

J. Nutr. 49, 609 (1953 b)

in "Processed Plant Protein  
Foodstuffs", S. 80,  
Academic Press, New York 1958

J. Agr. Research 66, 349 (1943)  
zit. nach C. R. Grau u. R. W. Carroll  
(1958)

in "Processed Plant Protein  
Foodstuffs", S. 24  
Academic Press, New York 1958

J. Nutr. 62, 269 (1957)

Poultry Sci. 36, 1137 (1957)

- Machlin, L. J.,  
R. S. Gordon      Poultry Sci. 38, 650 (1959)
- Matterson, L. D.,  
L. Decker,  
E. P. Singsen, A. Kozeff,  
J. Waddell,  
C. J. Hasbrouck, H. R. Bird,  
H. Menge, T. D. Runnels      Poultry Sci. 32, 817 (1953)
- Mattingly, J. P.,  
H. R. Bird      Poultry Sci. 24, 344 (1945)  
zit. nach Liener, J. E. (1958)
- Melnick, D.,  
B. L. Oser, S. Weiss      Science 103, 326 (1946)
- Middendorf, D. F.,  
G. F. Combs,  
G. L. Romoser      Poultry Sci. 36, 1141 (1957)
- Osborne, T. B.,  
L. B. Mendel      J. Biol. Chem. 17, 325 (1914)  
zit. nach Grau, C. R. und  
R. W. Carroll (1958)
- Osborne, T. B.,  
L. B. Mendel      J. Biol. Chem. 32, 369 (1917)  
zit. nach Borchers, R. u.  
Mitarb. in J. Nutr. 41, 339 (1950)
- Ousterhout, L. E.,  
C. R. Grau,  
B. D. Lundholm      J. Nutr. 69, 65 (1959)
- Patton, A. R.,  
E. G. Hill, E. M. Foreman      Science 107, 623 (1948)
- Paulsen, T. M., K. E. Holt,  
R. E. Anderson      Am. Oil. Chem. Soc. Convention,  
New Orleans, April 1959
- Pence, J. W.,  
A. Mohammad, D. K. Mecham      Cereal Chem. 30, 115 (1953)  
zit. nach Smith, A. K. in  
"Processed Plant Protein Foodstuffs"  
Academic Press, New York 1958
- Reed, J. R. Jr.,  
J. H. Quisenberry,  
J. R. Couch      Poultry Sci. 33, 41 (1954)

- Riesen, W. H.,  
D. R. Claudinin,  
C. A. Elvehjem,  
W. W. Cravens  
J. Biol. Chem. 167, 143 (1947)  
zit. nach Cravens, W. W. u.  
E. Sipos in "Processed Plant  
Protein Foodstuffs" Academic  
Press, New York 1958
- Rosenberg, H. R.,  
J. T. Baldini,  
M. L. Lunde, H. R. Bird,  
T. D. Runnels  
Poultry Sci. 34, 1308 (1955)
- Rosenberg, H. R.,  
J. T. Baldini  
Poultry Sci. 35, 1168 (1956)
- Rössner, W.  
Diss. med. vet. München (1955)
- Scharrer, K.  
Die biochemischen Grundlagen der  
Tierernährungslehre 51, 78 (1950)  
Verlag F. Enke, Stuttgart
- Schwartz, H. G.,  
M. W. Taylor, H. Fisher  
J. Nutr. 65, 25 (1958)
- Schweigert, B. S.,  
B. T. Guthneck  
J. Nutr. 54, 333 (1954)
- Simon, M.,  
D. Melnick  
Cereal Chem. 27, 114 (1950)  
zit. nach Grau, C. R. u. R. W. Carroll  
(1958)
- Smith, A. K., P. A. Belter,  
V. L. Johnson  
J. Am. Oil Chem. Soc. 29, 309  
(1952)
- Smith, A. K., P. A. Belter,  
R. L. Anderson  
J. Am. Oil Chemists' Soc. 33,  
360 (1956)
- Smith, A. K.,  
V. L. Johnson,  
R. E. Derges  
Cereal Chem. 28, 325 (1951)  
zit. nach Smith, A. K. in  
"Processed Plant Protein Food-  
stuffs" Academic Press,  
New York 1958
- Snetsinger, D. C.,  
H. M. Scott  
Poultry Sci. 36, 1158 (1957)

- Snetsinger, D. C.,  
H. M. Scott  
Poultry Sci. 37, 1400 (1958)
- Stephenson, E. L.  
Poultry Sci. 33, 1083 (1954)
- Sullivan, T. W.,  
H. R. Bird  
Poultry Sci. 35, 1174 (1956)
- Sullivan, T. W.,  
H. R. Bird  
J. Nutr. 62, 143 (1957)
- Sunde, M. L.  
Poultry Sci. 35, 350 (1956)
- Teekell, R. A.,  
A. B. Watts  
Poultry Sci. 35, 1176 (1956)
- Tomhave, A. E.,  
C. W. Mumford  
Univ. Delaware Agric. Exper. Sta.  
Bull. No. 197 (1936)  
zit. in Nutr. Reviews 16, 242 (1958)
- Twinning, P. F.,  
G. L. Romoser,  
G. F. Combs  
Poultry Sci. 34, 1225 (1955)
- Waibel, P. E.  
Poultry Sci. 35, 1178 (1956)
- West, J. W.  
Poultry Sci. 34, 547 (1955)
- Westfall, R. J.,  
S. H. Hange  
J. Nutr. 35, 379 (1948)
- Wilgus, H. S. Jr.,  
L. C. Norris,  
G. F. Heuser  
Ind. Eng. Chem. 28, 586 (1936)  
zit. nach Liener, J. E. (1958)

Nach Beendigung meiner Arbeit möchte ich Herrn Prof. Dr. Dr. Johannes Brüggemann für die Überlassung des Themas sowie für die ausgezeichneten Arbeitsbedingungen in seinem Institut meinen besten Dank aussprechen.

Gleichzeitig möchte ich dem wissenschaftlichen Assistenten des Institutes, Herrn Dr. Hermann Zucker, für die mir jederzeit gewährte Förderung und Anregung meiner Arbeit herzlich danken.

## LEBENS LAUF

Ich, Klaus Georg Eppinger, wurde am 1. April 1935 als Sohn des praktischen Tierarztes Dr. Gotthilf Eppinger und seiner Ehefrau Anna, geb. Fürsich, in Stuttgart geboren.

In Markgröningen, Kreis Ludwigsburg, besuchte ich von 1941 bis 1945 die Grundschule. Im Jahre 1945 trat mein Vater seine Stelle als Reg. - Veterinärarzt in Münsingen/Wttbg. an, wo ich sechs Jahre die dortige Oberschule besuchte. Nach drei weiteren Jahren in Reutlingen legte ich am 10. März 1954 an dem Joh. Kepler-Gymnasium die Reifeprüfung ab.

Im Sommersemester 1954 begann ich an der Tierärztlichen Fakultät der Universität München mit meinem Studium. Mein 7. Studiensemester war ich an der Tierärztlichen Hochschule in Wien immatrikuliert. Die letzten beiden Studiensemester studierte ich wieder in München, wo ich im Februar 1959 mein Studium mit dem tierärztlichen Staatsexamen abschloß.





